



Aubrac és charolais hizóbikák hosszú hátizom területének és a far bőr alatti faggyúvastagságának összefüggése néhány testmérettel

Tőzsér¹ J., Domokos² Z., Szentléleki¹ A., Bottura³, C., Alberti³, M.

¹Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Állattenyésztés-tudományi Intézet, 2103 Gödöllő, Péter K. u. 1.

²Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete, 3525 Miskolc, Vologda u. 3.

³La Garonnaise Kft., 3773 Sajólászlófalva

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők célja volt, hogy meghatározzák az aubrac és charolais hizóbikák testméretei közötti különbséget, valamint összefüggéseket keressenek a testméretek és az ultrahangmérési eredmények között. Vizsgálataikat 2007-ben végezték el egy olaszországi hizoladában a két fajta hizóbikáinak (AUB, n=18, CH, n=8, átlagos életkor: 18,6 hónap) bevonásával. Az állatok főbb testméreteit – marmagasság (HW), farbübmagasság (HR), övméret (CG) és ferde törzshosszúság (SBL) – vették fel, valamint ultrahang felvételt készítettek a rostélyos területéről (REA) és a fartájék bőr alatti faggyúvastagságáról (P8) Falco 100 Pie Medical ultrahangkészülék segítségével. T-próbát alkalmaztak a két fajta közötti különbségek kimutatására a vizsgált tulajdonságokban, továbbá Pearson-féle korreláció-vizsgálattal számították ki a testméretek és az ultrahangmérési eredmények közötti kapcsolatokat. A testméretek átlagértékei a következően alakultak: HW: AUB: 121,9 cm, CH: 125,2 cm; HR: AUB: 129,7 cm, CH: 132,2 cm; CG: AUB: 201,8 cm, CH: 202,0 cm és SBL: AUB: 145,6 cm, CH: 157,0 cm. Szignifikáns eltérést a két fajta között csak az SBL esetében igazoltak (-11,389, t: -5,392, df: 21,712, P=0,0001, $\alpha=0,05$). A REA értékek hasonlóak voltak az AUB (96,8 cm²) és CH (94,8 cm²) fajtákban, míg a P8 érdemben kedvezőbb volt az AUB csoport esetében a CH-val szemben (-0,194 cm, t: 2,071, df: 24, P=0,049, $\alpha=0,05$). Ami a korrelációkat illeti, közepes együtthatókat számítottak az élősúly (BW) és a HW között mindkét csoportban (AUB, r=0,534, P<0,05, CH, r=0,558), továbbá a BW és a CG között (r=0,665, P<0,01), valamint a BW és a REA között (r=0,518, P<0,05) az aubrac egyedek esetében. Ugyanakkor szoros összefüggést állapítottak meg a BW és a HR között (r=0,832, P<0,01), valamint a P8 és a HR között (r= -0,742, P<0,05) a CH fajtában. Eredményeink alapján az ultrahangmérések eredményeit együtt indokolt elemezni a testméret adatokkal a gyakorlatban.

(Kulcsszavak: aubrac, charolais hizóbika, ultrahang, faggyúvastagság, testméret)

ABSTRACT

Relationship of some body measurements with the ultrasound measurements (rib eye area, rump fat thickness) in the Aubrac and Charolais fattening bulls

J. Tőzsér¹, Z. Domokos², A. Szentléleki¹, C. Bottura³, M. Alberti³,

¹Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, H-2103 Gödöllő, Péter Károly str. 1.

²Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete, H-3525 Miskolc, Vologda str. 3.

³La Garonnaise Kft., H-3773 Sajólászlófalva

Aims of the present study were to determine the difference between Aubrac and Charolais fattening bulls in the body measurements, in addition to calculate correlation among the

body and ultrasonic measurements. The investigations were carried out on the fattening bulls of the two breeds with the age of 18.6 months (AUB, n=18, CH, n=8) in one fattening farm in Italy in 2007. The main body measurements of bulls (height at withers, HW; height at rump, HR; chest girth, CG; slanting body length, SBL) were taken, and ultrasonic measurements (rib eye area, REA, rump fat thickness, P8) were performed with Falco 100 (Pie Medical) equipment on the farm. The independent samples t-test was applied to prove the differences between the two groups in all tested traits. For describing the relationships among the body and ultrasonic measurements the method of analysis of simple correlation were used. The means of body measurement for HW, HR, CG, SBL in AUB and CH were 121.9 cm; 129.7 cm; 201.8 cm; 145.6 cm, and 125.2 cm, 132.2 cm, 202.0 cm, 157.0 cm, respectively. Significant difference only in SBL (-11.389, t: -5.392, df: 21.712, P=0.0001, $\alpha=0.05$) was confirmed between AUB and CH. Similar REA value was experienced in the two breeds: AUB: 96.8 cm², CH: 94.8 cm², whereas the P8 value was more favourable in AUB compared to CH (-0.194 cm, t: 2.071, df: 24, P=0.049, $\alpha=0.05$). As for the correlations, medium coefficients were calculated between body weight (BW) and HW in both groups (AUB, r=0.534, P<0.05, CH, r=0.558), as well as between BW and CG (r=0.665, P<0.01), plus between BW and REA (r=0.518, P<0.05) in AUB breed. However, a close relation was observed between BW and HR (r=0.832, P<0.01), moreover between P8 and HR (r=-0.742, P<0.05) in the CH group. By our results ultrasonic measurements are reasonable to be evaluated together with the body measurements in the practice.

(Keywords: Aubrac, Charolais fattening bulls, ultrasonic measurements, fat thickness)

BEVEZETÉS

A fejlett állattenyésztéssel rendelkező országokban régebben, de napjainkban is gyakorlat, a küllemi bírálatokkal párhuzamosan rendszeresen felvenni a tehének és a bikák fontosabb testméreteit. A korábbi hazai forrásmunkákból (*Wellmann*, 1930, 1940; *Bocsor*, 1960) ismerhetjük, hogy nálunk is gyakorlat volt ez a tenyésztők körében. Napjainkban azonban ezt a munkát egyrészt időigénye, másrészt balesetveszélye miatt elhagyják a gyakorlatban. A gyakorló szarvasmarha-tenyésztők számára mégis fontos állataik küllemének, testalakulásának, testarányainak és kondíciójának rendszeres értékelése. Annál is inkább, hiszen a szarvasmarha ún. rámajának fejlesztése a tenyésztési munkában piaci igények szerint változó megítélés alá esik. A ráma növelésével kapcsolatban *Long* (1986) az alábbi problémákat vetette fel:

- A mar- vagy a farbűbmagasság mérése pontatlansággal terhelt (pl. lapocka mozgása, csánkuszóg alakulása).
- A csontvázfejlettség megítélése nem alkalmas a reprodukció jellemzésére.
- A csöves csontok, vagy a végtagok hosszúságának növelésére irányuló szelekció végül is a kései ivarérésre történő szelekciót támogatja.
- A ráma, vagy csontvázfejlettség – véleménye szerint – nem alkalmas a hasított felek összetételének jellemzésére, valamint az értékesíthető húsrészek megítélésére.

A testméretekkel, ill. a testalakulási indexekkel kapcsolatos hazai fontosabb kutatási eredmények tömör összegzését a következőkben mutatjuk be: holstein-fríz (n=82) és magyartarka × limousin F₁ (n=92) üszökre vonatkozóan négy növekedési szakaszt különített el *Gere és Bartosiewicz* (1979) az életkor, az élősúly és az övméret összefüggése alapján. Részletesen elemezték ezen kívül a marmagasság, törzshosszúság, lábszárkörméret, mellkasmélység- és szélesség stb. testméretek növekedési sebességi értékeinek (K) alakulását az élősúly függvényében.

Bartosiewicz és mtsai. (1987) magyartarka, magyartarka × limousin F₁, holstein-fríz üszők, ill. tehének kilenc testméretének élősúlyhoz viszonyított allometrikus együtthatóit számították ki. Faktor-analízissel a vizsgált testméretek relatív növekedési intenzitásának két egymástól független csoportját különítették el: I. testkapacitás-növekedés, II. váznövekedés. *Szabó* (1990) magyartarka × hereford F₁ bikák (n=16), valamint a reciprok keresztezésből származó egyedek (n=16) 13 testméretét hasonlította össze a hizlalás végén. A magyartarka × hereford F₁ bikák testmérete számos esetben nagyobb volt a reciprokétól, pl. marmagasságban: 5,4 cm; mellkasszélességben: 11,1 cm stb. A testalakulási indexekben azonban nem talált szignifikáns különbségeket.

Az üzemi STV-ben *Tőzsér* (1991) charolais, hereford és magyartarka apai féltestvér csoportok küllemi jellemzőiben – a vegyes apaságú kontroll csoporthoz képest – érdemi különbségeket állapított meg, pl. a Pasa (6489) magyartarka tenyészbika utódcsoportja (n=10) zömökebb és mellkasban szélesebb volt (medence–mellkas indexük: +8,9%, P<0,05).

Holstein-fríz fajtájú apai féltestvér bika (n=13) és tinó (n=13) csoportok testméreteit vágás előtt összehasonlítva, *Szabó és mtsai.* (1993) nagyobb mar- és farbübmagasságot (P<0,05), de kisebb törzshosszúságot (P<0,05) tapasztaltak a tinó csoport esetében. *Tőzsér és mtsai.* (1995) üzemi STV körülmények között a charolais fajtában igazolták, hogy a 133 napos vizsgálati idő alatt a növendék bikák (n=40) marmagasságában, mellkasmélyiségében, mellkasszélességében és herekörméretében jelentős a növekedés: 10%; 34%; 15% és 38%, P<0,001.

Domokos (1995) 650 charolais tehénre vonatkozó vizsgálati eredményeit közölte. Az ún. tenyésztő típusba sorolható egyedek a 132 cm-es hazai átlagos marmagasságot legalább 2–3%-kal (3–4 cm) meghaladták, egyúttal ferde törzshosszuk is 3–4%-kal (6–8 cm) nagyobb volt. A hentes típusú egyedekre ezzel szemben a 132 cm-nél kisebb marmagasság, és 6–10 cm-rel nagyobb övméret volt jellemző.

Polgár és Szabó (1997) holstein-fríz bikák központi STV eredményeit értékelve (14 év, 832 bika), az ivadékok és a bikák testméretei között szignifikáns különbségeket mutattak ki, pl. testhosszúság: 5,7 cm; mellkasmélység: 5,9 cm; mellkasszélesség: 3,4 cm; farhosszúság: 5,2 cm stb. Választott (7–8 hónapos) charolais fajtájú bikaborjak két csoportjának (A, n=32, marmagasság<110 cm, B, n=27, marmagasság>110 cm) értékelése kapcsán *Tőzsér és mtsai.* (1998) megállapították, hogy a 110 cm-es marmagasságnál kisebb csoportba (A) tartozó választott bikaborjak andrológiai szempontból egyenértékűnek tekinthetők a B-csoporttal (marmagasság>110 cm).

A legújabb közlések között *Bene* (2007) kilenc különböző genotípusba tartozó húshasznosítású tehén testméreteit vette fel és elemezte extenzív lápi körülmények között. A magyar szürke tehének testméret adatait, ill. testméret indexeit *Nagy és mtsai.* (2007) elemezték. A testméretfelvétellel szemben, a modern technikai eszközök, így az ultrahangtechnika alkalmazása az állattenyésztés gyakorlatában egyre szélesebb körben válik elterjedté. Az ultrahangos mérés technikát *Temple és mtsai.* (1956), valamint *Claus* (1957) használták először gazdasági haszonállatokon, elsőként a szarvasmarha fajban. Azóta több kutató javasolta az ultrahangkészülék alkalmazását a húsmarhatartás gyakorlatában, a hizlalás befejezésének optimális időpontja, illetve a vágóérték előrejelzésére (*Wilson*, 1992; *Robinson és mtsai.*, 1993; *Herring és mtsai.*, 1994; *Wilson és mtsai.*, 2000), de egyúttal felhívják a figyelmet a mérést és a képfeldolgozást végző személy gyakorlottságára, valamint a technikai feltételek meglétére.

Magyarországon a szarvasmarha vágóértékére vonatkozó első ultrahangos vizsgálatot az angus és hereford fajtákon 1999-ben ANISCAN-100 készülékkel Márton István és munkatársai végezték az STV zárásakor, a tenyészbikajelöltek bőr alatti

faggyúvastagságának meghatározására a fartájékon. *Tózsér és mtsai.* (2003) beszámoltak arról, hogy a fekete és a vörös angus színváltozat ebben a tulajdonságban nem tér el egymástól. Az angus és hereford tenyészbikajelöltek minősítő indexébe (szelektációs index) 2003-ban építették be a bőr alatti faggyúvastagság tulajdonságot (*Balázs*, 2003). Kutatók (*Caron és mtsai.*, 1997; *Moser és mtsai.*, 1997; *Wilson és mtsai.*, 1999; *Stelzleni és mtsai.*, 2002) eredményei tanúsítják, hogy a bőr alatti faggyúvastagságra számított örökölhetőségi értékek (0,30; 0,60; 0,44 és 0,26) elég magasak ahhoz, hogy a tulajdonság a tenyésztői programokban felhasználható legyen. A hosszú hátizom területére vonatkozóan a különböző irodalmi forrásokban 0,31–0,39-es örökölhetőségi értékek szerepelnek (*Caron és mtsai.*, 1997; *Moser és mtsai.*, 1997; *Wilson és mtsai.*, 1999; *Stelzleni és mtsai.*, 2002).

Az elsősorban 18 cm-es real-time ultrahangfejjel (Falco 100, Pie Medical) végzett eddigi hazai mérések eredményeit az alábbiakban összegezzük.

A bőr alatti faggyúvastagság (pl. ágyék, far tájék) mérését indokolja, hogy ezek az adatok szoros összefüggésben ($r=0,80-0,87$) vannak a teljes faggyú %-kal (*Klawuhn és Staufenbiel*, 1997). *Silva és mtsai.* (2004) 24 brangus és 24 nellore bikán, a 12–13. bordák között mért háti faggyúvastagság, és a különböző hosszúságú hizlalási periódusokat követő próbavágások során, a carcasson mért háti faggyúvastagság között a következő összefüggéseket tapasztalták: 0. nap $r=0,19$; 26. nap $r=0,64$; 53. nap $r=0,74$; 84. nap $r=0,78$; 109. nap $r=0,82$; 125. nap $r=0,80$; 142. nap $r=0,86$. *Greiner és mtsai.* (2003) az *in vivo* és a vágás után a 12–13. bordáknál mért faggyúvastagság között szintén szoros ($r=0,89$), *Wall és mtsai.* (2004) pedig 400 keresztezett tinó esetén közepes ($r=0,58$) összefüggést állapítottak meg.

Moser és mtsai. (1997), illetve *Reverter és mtsai.* (2003) pozitív, közepesen szoros genetikai korrelációt tapasztaltak a hasított féltesteken, ill. az ultrahanggal élő állapotban mért hosszú hátizom területek között. *Silva és mtsai.* (2003) az élő állaton ultrahang technika segítségével becsült, valamint a carcasson mért rostélyos terület között $r=0,83$ korrelációs együtthatót számítottak, 24–24 nellore és brangus fiatal bika esetén. *Greiner és mtsai.* (2003) szintén szoros összefüggést ($r=0,86$) találtak a két említett tulajdonság esetében, míg *Wall és mtsai.* (2004) ettől alacsonyabb értéket ($r=0,52$) közöltek.

Magyar szürke hízó bikák esetében, *Tózsér és mtsai.* (2004b) a rostélyos becsült területe és a csontozási paraméterek között közepes, illetve szoros összefüggéseket számítottak (hús, kg: I. vizsgálat, $r=0,88$, $P<0,05$; II. vizsgálat, $r=0,66$).

A charolais fajtában megállapították, hogy az azonos környezetben nevelt bikák (életkor: 545 nap) és üszök (életkor: 540 nap) becsült rostélyos területe nem különbözött egymástól ($86,4 \text{ cm}^2$, ill. $80,2 \text{ cm}^2$) (*Tózsér és mtsai.*, 2004a). A charolais fajtában – a nemzetközi eredményeket megerősítve – *Tózsér és mtsai.* (2005a) igazolták, hogy a szarvált ($n=13$) és szarvatlan ($n=23$) tenyészbikajelöltek vizsgált jellemzői (pl. P8, m. longissimus dorsi területe, herekörméret) azonosak.

A P8 mérések megbízhatóságát (magyartarka és holstein-fríz fajtákban) az egymástól független négy kezelő, két ismétlésben végzett mérései alapján, igen jónak találták *Tózsér és mtsai.* (2006): összes kezelő, $n=248$, $r=0,993$, $P<0,001$, ismételhetőség, $R^2=0,999$. Különböző fajtájú ($n=51$, angus, limousin, magyartarka, charolais és charolais \times magyartarka keresztezett) hízó bikák különböző testtájain (P8: far, Rump fat: far, Back fat thickness: rostélyos) mért bőr alatti faggyúvastagsági adatok között hazánkban elsőként *Török és mtsai.* (2007) számítottak összefüggéseket, pl. a P8 és a Rump fat eredmények közötti kapcsolatot: $r=0,93$, $P<0,01$.

Harangi és mtsai. (2007) limousin, charolais, magyartarka \times limousin, valamint magyartarka \times charolais keresztezett, választás előtt álló borjak ($n=31$, életkor: 165 nap,

élő súly: 188 kg) hosszú hátizom területe között szignifikáns eltérést nem tapasztaltak ($42,35 \text{ cm}^2$, $41,22 \text{ cm}^2$, $39,99 \text{ cm}^2$, $38,99 \text{ cm}^2$; $P > 0,10$).

Kovács és mtsai. (2007) red angus anyatehenek (összesen $n=106$) kondíció változását értékelték a bőr alatti faggyúvastagság változásának mérésével. Megállapították, hogy a tehenek közepes kondícióban (háti faggyú vastagság: $3,49 \pm 0,57 \text{ cm}$) kezdték meg a legeltetési idényt, amely a nyári hónapokban kismértékben leromlott (háti faggyú vastagság: $3,41 \pm 0,55 \text{ cm}$). Kondíciójuk szeptemberre azonban feljavult (háti faggyú vastagság: $3,82 \pm 0,51 \text{ cm}$).

Harangi és mtsai. (2008) charolais növendékbikákkal végzett vizsgálatában két ultrahangfelvétel elkészítésének ismételhetőségére a rostélyos keresztmetszet esetében $R^2=0,961$, a fartájéki faggyúvastagságnál (P8) pedig $R^2=0,910$ értéket határoztak meg, összesen 360 mérés alapján. Az ultrahangvizsgálatok eredményeit bemutató irodalmi munkákból arra következtethetünk, hogy hazánkban a charolais fajtában elsősorban a tenyészbikajelölteken és a választott borjakon, kis arányban hízóállaton végeztek méréseket, ugyanakkor az aubrac fajtára vonatkozóan egyáltalán nem közöltek ultrahangmérési adatokat. Mindezek alapján vizsgálatunk céljait a következő kérdésekben fogalmaztuk meg:

- Az azonos környezetben hizott aubrac és charolais fajtájú hízó bikák testmérete érdemben különbözik-e egymástól?
- Milyen irányú és szorosságú összefüggés számítható a testméretek és az ultrahang mérési (rostélyos területe, P8 érték) eredmények között?

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat 2007 februárjában, az Állattenyésztés-tudományi Intézet és a Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete 18 aubrac (AUB: életkor: $570 \pm 5,91$ nap, élő súly: $609,2 \pm 66,70 \text{ kg}$) és 8 charolais (CH: életkor: $568 \pm 7,57$ nap, élő súly: $647,5 \pm 34,96 \text{ kg}$) hízó bikán Olaszországban végezte. A takarmányozás mindkét csoport esetében azonos, tömegtakarmányra alapozott volt. A bikák beállításától vágásig, ugyanabban az arányban és összetételben kapták *ad libitum* a homogenizált takarmányt az olaszországi hizaldában:

Kukoricaszilázs:.....	6,00 kg
Kukoricadara:	2,80 kg
Száraz répaszelet:.....	2,00 kg
Búzaszalma:	1,20 kg
Szójadara:	1,10 kg
Búzakorpa:	1,00 kg
Árpa:	0,70 kg
Glutinált korpa:	0,60 kg
Bovimix ásványi kiegészítő:	0,20 kg
Telített növényi zsiradék (dehidratált, állaga dara-szerű):	0,15 kg

A testméretfelvétel hagyományos eszközeivel (mérőbot, mérőszalag) *Horn* (1976) javaslata nyomán – az élő súlyméréssel egy időben – a következő testméretek állapítottuk meg:

- marmagasság, cm (a mar legmagasabb pontjának távolsága a talajtól),
- farbúbmagasság, cm (a belső csipőszögletek csúcsának távolsága a talajtól),
- övméret, cm (a mellkas körmérete, függőleges síkban, közvetlenül a lapocka mögött),
- ferde törzhosszúság, cm (vállbúbtól az ülgumóig)
- mellkasmélység, cm (függőleges síkban, közvetlenül a lapocka mögött).

1. kép

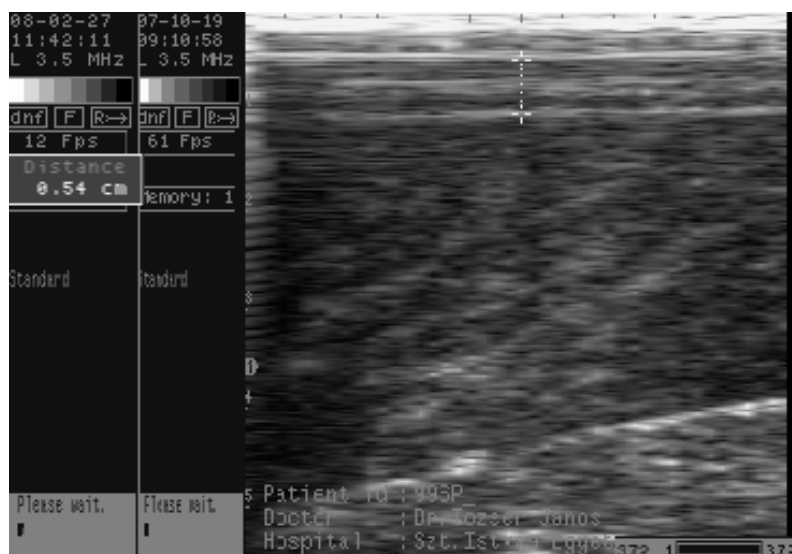
Charolais hízó bika hosszú hátizom keresztmetszetének ultrahangképe



Picture 1. Ultrasonic image of rib eye area in a Charolais fattening bull

2. kép

A P8 (fartájéki bőr alatti faggyúvastagság) mérése charolais hízó bikák esetében



Picture 2. Measurement of P8 (fat depth of rump) in a Charolais fattening bull

Az ultrahangmérés helyei az alábbiak voltak:

- *rostélyos területe* a 12–13. borda között, cm² (mérés: Falco 100, Pie Medical ultrahangkészülék, lineáris fej: 18 cm, hullámhossz: 3,5 MHz, mélység: 23 cm) (1. kép).
- *P8, fartájéki faggyúvastagság*, cm: a 3. ágyékcsigolya magasságában a gerincoszlopra bocsátott merőleges és az ülőgumótól a gerincoszloppal párhuzamos egyenes metszéspontján, mely a valóságban kb. 1 tenyérnyi távolságot jelent a gerincoszloptól. (mérés: Falco 100, Pie Medical ultrahangkészülék, lineáris fej: 18 cm, hullámhossz: 3,5 MHz, mélység: 5 cm) (2. kép).

Az alapadatokat az SPSS 14. programmal értékeltük: alapstatisztika, korrelációvizsgálat, két független csoport teljesítményének értékelésére t-próba.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A hízó bikák életkorát, élősúlyát és a megmért testméreteit az 1. táblázatban foglaltuk össze fajtánként. Vizsgálatunkban a két fajta összehasonlíthatóságát azzal biztosítottuk, hogy azonos életkorig (AUB: 570 nap, CH: 568 nap) azonos környezetben történt a hizlalás (1. táblázat). Az aubrac és a charolais fajtájú hízó bikák átlagos élősúlya statisztikailag szintén nem különbözött egymástól (1. és 2. táblázat). Kísérletünkkel megegyezően, 550–600 kg-ig – ún. nagy súlyra – történő hizlalást alkalmazott *Polgár és mtsai.* (2005) vizsgálatukban. Érdekes módon a red angus F1 és R1 hízó bikák (életkor: 568 nap, élősúly: 615 kg) átlagos életkora szinte azonos, élősúlyuk pedig hasonló volt jelen vizsgálatunkban alkalmazott fajták adataihoz.

Az 1. táblázat tartalmazza az aubrac és charolais fajták esetében a felvett testméretek átlagértékeit: marmagasság (AUB: 121,9 cm, CH: 125,2 cm), farbűbmagasság (AUB: 129,7 cm, CH: 132,2 cm), övméret (AUB: 201,8 cm, CH: 202,0 cm) és a ferde törzshosszúság (AUB: 145,6 cm, CH: 157,0 cm). A hazai aubrac állományban lévő bikák testméreteiről ez idáig még nem közöltek adatokat. *Szentléleki és mtsai.* (2005) aubrac üszök (n=54, átlagos életkor: 653,70 nap, élősúly: 415,46 kg) fontosabb testméreteinek alakulásáról számoltak be. A következő átlagértékeket számították: marmagasság: 118,54±3,62 cm, ferde törzshosszúság: 153,93±7,82 cm, farbűbmagasság: 126,81±3,31 cm, övméret: 177,19±7,36 cm. Az elemzéseink során, a charolais fajtában kapott 125 cm átlagos marmagasság megegyezik *Holleville* (1985) adatával, azonban valamivel kisebb, mint *Tőzsér és mtsai.* (1995) eredménye (122 cm). Természetesen fiatalabb életkor és kisebb élősúly esetén a mért értékek alacsonyabbak, pl. *Tőzsér és mtsai.* (1998) (110 cm). A farbűbmagasság tekintetében, a charolais bikákra vonatkozó adatunk hasonlít *Schramm és mtsai.* (1989) (133 cm), ill. *Rose és mtsai.* (1988) (131 cm) mérési eredményeihez.

A Levene próbával bizonyítottuk, hogy a két csoport varianciái homogének az életkor, a marmagasság, a farbűbmagasság esetében, viszont heterogének az élősúly (F: 6,991, P=0,014, $\alpha=0,05$), az övméret (F: 4,753, P=,039, $\alpha=0,05$) és a ferde törzshosszúság (F: 6,171, P=0,020, $\alpha=0,05$) tekintetében. Az elemzés során a t-értékek számítására a Levene próba eredményei alapján került sor. A két csoport testméretei közötti eltéréseket t-próbával értékelve (2. táblázat) megállapítottuk, hogy egyedül csak a ferde törzshosszúság vonatkozásában tudtuk elvetni az ún. nullhipotézist, azaz statisztikailag érdemi különbséget igazoltunk a charolais fajta javára: +11,389 cm, t: 5,392, df: 21,712, P=0,0001, $\alpha=0,05$. Ami az ultrahangmérés eredményeit illeti, a rostélyos területe hasonló volt a két fajtában (AUB: 96,8 cm², CH: 94,8 cm²,

+1,955 cm², t: 0,512, df: 24, P=0,613, α=0,05), azonban a P8 érték esetében az aubrac fajta fölényét tapasztaltuk (-0,194 cm, t: 2,071, df: 24, P=0,049, α=0,05) (2. táblázat).

Vizsgálatunkban a charolais fajta rostélyosának területe nagyobb volt, nemcsak a charolais tinókhöz (80,98 cm²) (Tőzsér és mtsai., 2005b) és az azonos fajtájú fiatalabb bikákhoz (86,42 cm²) (Tőzsér és mtsai., 2004a), hanem az angus bikákhoz (73,5 cm²) (Török és mtsai., 2008) viszonyítva is. A P8 érték tekintetében megállapítható, hogy a charolais bikák 0,83 cm-es átlagos értéke közel kétszer nagyobb a fajtában végzett korábbi méréseknél (0,46–0,48 cm) (Tőzsér és mtsai., 2004a, 2005a, 2005b). Ez a különbség megmutatkozik az angus fajtával történő összevetéskor is (Török és mtsai., 2008: 0,49 cm). Az aubrac fajta esetében az általunk mért P8 érték összehasonlítása a francia eredményekkel nem lehetséges, mert Franciaországban a szarvasmarhák faggyúságának mérésére az ultrahang sebességének mérési elvére épülő berendezést használnak, amely képet nem állít elő.

1. táblázat

Aubrac és charolais hízó bikák életkora, élősúlya, testméretei, valamint ultrahangmérésének eredményei

Tulajdonságok (1)	Fajta (2)	Egyedszám, n (3)	Átlag(4)	Szórás(5)	Átlagérték hibája (SE)(6)
Életkor, nap (7)	AUB	18	570	5,91	1,39
	CH	8	568	7,57	2,69
Élősúly, kg (8)	AUB	18	609,2	66,70	15,72
	CH	8	647,5	34,96	12,36
Marmagasság, cm (9)	AUB	18	121,9	4,85	1,14
	CH	8	125,2	4,20	1,48
Farbúmagasság, cm (10)	AUB	18	129,7	3,42	0,80
	CH	8	132,2	3,61	1,27
Övméret, cm (11)	AUB	18	201,8	8,81	2,07
	CH	8	202,0	4,47	1,58
Ferde törzshosszúság, cm (12)	AUB	18	145,6	8,29	1,95
	CH	8	157,0	2,26	0,80
Rostélyos területe, cm ² (13)	AUB	18	96,8	9,02	2,12
	CH	8	94,8	8,89	3,14
Fartájéki bőr alatti faggyúvastagság, P8, cm (14)	AUB	18	0,64	0,22	0,05
	CH	8	0,83	0,20	0,07

Table 1. The results of age, body weight, body and ultrasound measurements in the Aubrac and Charolais fattening bulls

Traits(1), Breed(2), Number of bulls(3), Mean(4) Standard deviation(5), Standard error of mean(6), Age, day(7), Body weight, kg(8), Height at withers, cm(9), Height at rump, cm(10), Chest girth, cm(11), Slanting body length, cm(12), Rib eye area, REA, cm²(13), Rump fat thickness(P8)(14)

2. táblázat

A t-teszt eredményei

Tulajdonságok (1)	Levene próba (2)		t-próba (3)				
	F	Szig.	t	df	Szig.	Átlagértékek közötti különbség (4)	Becslés hibája (5)
Életkor, nap (6)	1,818	0,190	0,847	24	0,405	2,319	2,738
Élősúly, kg (7)	6,991	0,014	-1,914	23,088	0,068	-38,278	19,999
Marmagasság, cm (8)	0,049	0,827	-1,664	24	0,109	-3,306	1,986
Farbúbmagasság, cm (9)	0,007	0,932	-1,708	24	0,101	-2,528	1,480
Övméret, cm (10)	4,753	0,039	-0,043	23,359	0,966	-0,111	2,610
Ferde törzshosz- szúság, cm (11)	6,171	0,020	-5,392	21,712	0,0001	-11,389	2,112
Rostélyos területe, cm ² (12)	0,036	0,852	0,512	24	0,613	1,95556	3,81943
Fartájéki bőr alatti faggyú- vastagság, P8, cm (13)	0,077	0,783	-2,071	24	0,049	-0,19403	0,09370

Table 2. Results of the independent samples test

Traits (1), Levene's test for equality of variances (2), t-test for equality of means (3), Mean difference (4), Std. error difference (5), Age, day (6), Body weight, kg (7), Height at withers, cm (8), Height at rump, cm (9), Chest girth, cm (10), Slanting body length, cm (11), Rib eye area, REA, cm² (12), Rump fat thickness (P8) (13)

A 3–4. táblázatokban fajtánként mutatjuk be az összefüggés-vizsgálat eredményeit. Az életkor és az élősúly általában pozitív irányú összefüggésben áll a testméretekkel, amelyet a 3-4. táblázatok adatai is alátámasztanak. Kizárólag a charolais fajtában, az élősúly és a ferde törzshosszúság közötti összefüggés volt negatív irányú ($r=-0,537$). Az élősúly és a marmagasság kapcsolata hasonló nagyságrendű értéket mutatott a két fajtában: AUB, $r=0,534$, $P<0,05$, CH, $r=0,558$). Ezzel szemben az élősúly és a farbúbmagasság összefüggése szorosnak bizonyult a charolais bikák esetében ($r=0,832$, $P<0,01$), viszont az aubrac fajtájú egyedeknél csak közepesen laza ($r=0,452$) együtthatót számítottunk. Ezzel ellentétes tendenciát tapasztaltunk az övméret és az élősúly között számított korrelációs együttható tekintetében, amely viszont az aubrac fajtában volt szorosabb és statisztikailag igazolt ($r=0,665$, $P<0,01$), vagyis az ún. nullhipotézist ($r=0$) el kellett vetnünk ($r>0$). *Szentléleki és mtsai.* (2005) 54 aubrac üszőre vonatkozóan ezeknél az értékeknél szorosabb korrelációt számítottak (élősúly–marmagasság: $r=0,64$, élősúly–farbúbmagasság: $r=0,58$, élősúly–övméret: $r=0,85$, élősúly–ferde törzshosszúság: $r=0,74$, $P<0,05$).

3. táblázat

Aubrac hízó bikák korrelációs mátrixa

Tulajdonságok (1)	Életkor, nap (2)	Élősúly, kg (3)	Marmagasság, cm (4)	Farmagasság, cm (5)	Övméret, cm (6)	Ferde törzshosszúság, cm (7)	Rostélyos területe, cm ² (8)
Élősúly, kg (3)	0,028						
Marmagasság, cm (4)	0,067	0,534*					
Farbúmagasság, cm (5)	-0,181	0,452	0,731**				
Övméret, cm (6)	0,253	0,665**	0,477*	0,517*			
Ferde törzshosszúság, cm (7)	-0,362	0,029	0,394	0,342	-0,023		
Rostélyos területe, cm ² (8)	-0,070	0,518*	0,188	0,251	0,491*	-0,131	
Fartájéki bőr alatti faggyúvastagság, P8, cm (9)	-0,274	-0,056	-0,051	-0,101	-0,139	0,093	-0,102

*= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$

Table 3. Correlation matrix of the Aubrac fattening bulls

Traits(1), Age, day(2), Body weight, kg(3), Height at withers, cm(4), Height at rump, cm(5), Chest girth, cm(6), Slanting body length, cm(7), Rib eye area, REA, cm²(8), Rump fat thickness (P8)(9)

A fontosabb testméretek felvételének szakmai indoklását támasztják alá választott charolais bikaborjakkal végzett korábbi vizsgálataink eredményei is. A lépésenkénti regresszió-analízis alkalmazásával a ferde törzshosszúság (x_1) és az övméret (x_2) együttes, szignifikáns hatását mutattuk ki ($R=0,94$, $P<0,001$) az élősúlyra vonatkozóan (Tózsér és mtsai., 2000).

Az életkor és testméretek között mindkét fajtában csak laza összefüggéseket tapasztaltunk, hasonlóan Bene (2007), valamint Nagy és mtsai. (2007) eredményeihez. Ennek magyarázata abban keresendő, hogy a vizsgálatokban szereplő egyedek valós életkora és az ún. biológiai életkora különbözik.

Ami az ultrahangmérési eredményekre vonatkozó korrelációs együtthatókat illeti, az aubrac csoport esetében statisztikailag igazolható összefüggést csak két esetben tapasztaltunk: élősúly – rostélyos területe, $r=0,518$, $P<0,05$, övméret – rostélyos területe, $r=0,491$, $P<0,05$. Az élősúly és a rostélyos területe között számított együttható hasonló volt Török és mtsai. (2008) által, angus bikákra közölt értékével. A charolais fajtában csak egy reláció bizonyult igazolhatónak: farbúmagasság – P8 érték, $r=-0,742$, $P<0,05$. Ez az összefüggés azt erősítheti, hogy a rámásabb egyedek – a kortársakhoz képest – később faggyúsodhatnak.

4. táblázat

Charolais hizóbikák korrelációs mátrixa

Tulajdonságok (1)	Életkor, nap (2)	Élősúly, kg (3)	Marmagasság, cm (4)	Far-magasság, cm (5)	Övméret, cm (6)	Ferde törzshosszúság, cm (7)	Rostélyos területe, cm ² (8)
Élősúly, kg (3)	-0,208						
Marmagasság, cm (4)	0,228	0,558					
Farbúbmagasság, cm (5)	-0,267	0,832**	0,306				
Övméret, cm (6)	0,072	0,301	0,426	0,292			
Ferde törzshosszúság, cm (7)	0,083	-0,537	-0,300	-0,401	0,465		
Rostélyos területe, cm ² (8)	0,001	-0,225	-0,237	0,142	0,607	0,502	
Fartájéki bőr alatti faggyúvastagság, P8, cm (9)	-0,243	-0,436	-0,087	-0,742*	-0,397	0,049	-0,439

*= p<0,05, **= p<0,01

Table 4. Correlation matrix of the Charolais fattening bulls

Traits (1), Age, day (2), Body weight, kg (3), Height at withers, cm (4), Height at rump, cm (5), Chest girth, cm (6), Slanting body length, cm (7), Rib eye area, REA, cm² (8), Rump fat thickness (P8) (9)

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

- Azonos környezetben, azonos életkorú és hasonló élősúlyú aubrac és charolais fajtájú hizóbikák esetében a charolais ferde törzshosszúsága (+11,389 cm) érdemben nagyobb volt az aubrac egyedekhez képest.
- Az ultrahangképek elemzése során a két fajta rostélyos területének azonosságát (AUB: 96,8 cm², CH: 94,8 cm²) bizonyítottuk, ugyanakkor a fartájék bőr alatti faggyúvastagságában (P8 érték) az aubrac egyedek esetében statisztikailag igazolhatóan kisebb értéket mutattunk ki (AUB: 0,64 cm, CH: 0,83 cm).
- A testméretek és az ultrahang mérés eredményei között számított korrelációs együtthatók alapján, mindkét fajtára igaz tendenciát nem állapítottunk meg.
- Vizsgálatunk eredményei arra utalnak, hogy a vágóértékkel kapcsolatos ultrahang-mérési eredményeket a testméret adatokkal együtt indokolt értékelni a gyakorlatban.

IRODALOM

Balázs F. (2003): Személyes közlés.

- Bartosiewicz L., Gere T., Györkös I., Radó G. (1987): A növekedés szakaszossága üszőkben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 36. 5. 425-432.
- Bene Sz. (2007): Különböző fajtájú húshasznosítású tehenek néhány értékmérője azonos környezetben. *Doktori értekezés, Keszthely*.
- Bocsor G. (1960): A magyar tarka marha. Akadémiai kiadó, Budapest, 371.
- Caron, N., Kemp, R.A., Weiss, G.M. (1997): Genetic parameters estimates of carcass traits in Charolais cattle. *J. Anim. Sci.*, 75. 149.
- Claus, A. (1957): Die Messung natürlicher Grenzflächen in Schweinekörper mit Ultraschall. *Fleischwirtschaft*. 9. 552-554.
- Domokos Z. (1995): Charolais. *Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete*, 1. 4-17.
- Gere T., Bartosiewicz L. (1979): A szarvasmarha hasznosítási típusának összefüggése egyes testméretek posztembrionális növekedésével. *Állattenyésztés*. 28. 3. 245-257.
- Greiner, S.P. Rouse, G.H. Wilson, D.E. Cundiff, L.V., Wheeler, T.L. (2003): The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 81. 676-682.
- Harangi S., Béri B., Czeglédi L. (2008): Ultrahangos mérés technika reprodukálhatóságának vizsgálata növendék bikáknál. *Acta Agraria Debreceniensis*, megjelenés alatt.
- Harangi S., Czeglédi L., Béri B. (2007): Különböző genotípusú húsmarha borjak növekedési jellemzőinek vizsgálata. XLIX. *Georgikon Napok, Keszthely*. [CD].
- Herring, W.O., Miller, D.C., Bertrand, J.K., Benyshek, L.L. (1994): Evaluation of machine, technician and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 72. 2216-2226.
- Holleville, P. (1985): La contribution du Charolais à l'amélioration économique de la production de viande. *Revue Trimestrielle*. 20. 76. 17-28.
- Horn A. (szerk.) (1976): Szarvasmarhatenyésztés. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*, 196-199.
- Klawuhn, D., Staufenbiel, R. (1997): Aussagekraft der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt beim Rind. *Tierärztliche Praxis*. 25. 133-138.
- Kovács A.Z., Papp R., Zsoldos R., Véghseő R., Szabari M. (2007): A kor és a termelés hatása red angus anyatehenek háti faggyú vastagságára. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 11. 1. 9-21.
- Long, R.A. (1986): Which way Charolais? XXI. *World Charolais Federation, Calgary, Alberta, Canada*, 1-14.
- Moser, D.W., Bertrand, J.K., Miszral, I., Kriese, L.A., Benyshek, L.L. (1997): Genetic parameters estimates for carcass and yearling ultrasound measurements in Brangus cattle. *J. Anim. Sci.*, 75. 149.
- Nagy B., Bene Sz., Bodó I., Gera I., Szabó F. (2007): Magyar szürke bikák és tehenek élősúlya és testméretei. *Állattenyésztés és takarmányozás*. 56. 3. 195-203.
- Polgár, P., Szabó, F. (1997): Sire effect on the body weight and measurements of Holstein-Friesian young bulls. *J. Anim. Sci.*, 1. 152.
- Polgár P., Wagenhoffer Zs., Grubics Zs., Hornyák Z., Török M., Lengyel Z., Szabó F. (2005): Red angus F1 és r1 hízómarhák vágási és csontozási eredményeinek értékelése. *Állattenyésztés és takarmányozás*. 54. 2. 109-120.
- Reverter, A., Johnston, D.J., Ferguson, D.M., Perry, D., Goddard, M.E., Burrow, H.M., Oddy, V.H., Thompson, J.M., Bidon, B.M. (2003): Genetic and phenotypic characterisation of animal, carcass and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 4. Correlations among animal, carcass and meat quality traits. *Austr. J. of Agric. Res.*, 54. 2. 149-158.

- Robinson, D.L., Hammond, K., McDonald, C.A. (1993): Live animal measurement of carcass traits: estimation of genetic parameters of beef cattle. *J. of Anim. Sci.*, 71. 1128-1135.
- Rose de E.P., Wilton, J.W., Schaeffer, L.R. (1988): Estimation of variance components for traits measured on station-tested beef bulls. *J. Anim. Sci.*, 66. 626-634.
- Schramm, R.D., Osborne, P.I., Thayne, W.V., Wagner, W.R., Inskip, E.K. (1989): Phenotypic relationships of scrotal circumference to frame size and body weight in performance-tested bulls. *Theriogenology*. 31. 3. 495-503.
- Silva, S.L., Leme, P.R., Putrino, S.M., Martello, L.S., de Lima, C.G., Lanna, D.P.D. (2003): Prediction of carcass weight and dressing percentage in Nellore and Brangus young bulls by ultrasound measurements. *Revista Brasileira de Zootecnia – Brazilian Journal of Animal Science*. 32. 5. 1227-1235.
- Silva, S.L., Leme, P.R., Putrino, S.M., Martello, L.S., de Lima, C.G., Lanna, D.P.D. (2004): Prediction of backfat at slaughter, by ultrasound in Nellore and Brangus young bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia – Brazilian Journal of Animal Science*. 33. 2. 511-517.
- Stelzleni, A.M., Perkins, T.L., Brown Jr. A.H., Pohlman, F.W., Johnson, Z.B., Sandelin, B.A. (2002): Genetic parameter estimates of yearling live animal ultrasonic measurements in Brangus cattle, *J. Anim. Sci.*, 80. 3150-3153.
- Szabó F. (1990): Adatok a magyar tarka és hereford szarvasmarhafajták reciprok keresztezéséről. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 39. 2. 129-136.
- Szabó F., Polgár P., Szegleti Cs., Arany P. (1993): Holstein-fríz bikák és tinók növekedése, vágóértéke és húsminősége. 1. Közlemény: Növekedési tulajdonságok, hizlalási eredmények. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 42. 1. 15-23.
- Szentléleki A., Domokos Z., Bottura, C., Massimiliano, A., Zándoki R., Tózsér J. (2005): Előzetes adatok az aubrac szarvasmarhafajta testalakulásáról és vérmérsékletéről egy hazai tenyészetben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 54. 6. 543-553.
- Temple, R.S., Stonaker, H.H., Howry, D., Posakony, G., Hazaleus, H.M. (1956): Ultrasonic and conductivity methods for estimating fat thickness in live cattle. *Proc. Western Sec. Am. Soc. Anim. Prod.*, 7. 477.
- Török M., Kocsis Gy., Bene Sz., Kiss B., Farkas V., Szabó F. (2007): Hízóbikák különböző testtájain ultrahanggal mért bőralatti faggyúvastagsága és azok összefüggései. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 56. 2. 117-124.
- Török M., Kocsi Gy., Szabó F. (2008): Angus bikák bőr alatti faggyújának és rostélyos keresztmetszetének értékelése. *Állattenyésztés és takarmányozás*. 57. 2. 141-146.
- Tózsér J. (1991): Húshasznú tenyészbika-jelöltek sajátteljesítmény-vizsgálati módszerének fejlesztése. *Kandidátusi értekezés, MTA Budapest, Gödöllő*, 73-79.
- Tózsér J., Balázs F., Márton I., Zándoki R. (2003): Red és aberdeen angus tenyészbika-jelöltek teljesítményei egy tenyészetben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 52. 1. 39-50.
- Tózsér J., Domokos Z., Alföldi L., Sváb L., Miliczki L. (2000): Charolais fajtájú választott bikaborjak testméretének és küllemi tulajdonságainak összefüggése. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 49. 4. 301-312.
- Tózsér J., Domokos Z., Bujdosó M., Szentléleki A., Bakus G., Zándoki R., Minorics R. (2004a): Hosszú hátizom területének mérése real-time ultrahangkészülékkel a charolais fajtában. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 8. 2. 11-21.
- Tózsér J., Domokos Z., Bujdosó M., Wolcott M.L. (2005a): Szarvált és szarvatlan charolais tenyészbikajelölteken a hosszú hátizom területének és a far bőr alatti faggyúvastagságának értékelése real-time ultrahangkészülékkel. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 127. 3. 131-138.

- Tózsér J., Domokos Z., Mézes M., Gerszi K., Póti P., Nagy A. (1998): Charolais fajtájú választott bikaborjak típusának értékelése. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 47. 1. 31-37.
- Tózsér J., Domokos Z., Szentléleki A., Minorics R., Bakus G., Zándoki R., Kovács T., Sváb L. (2005b): Charolais és magyar szürke fajtájú tinók hosszú hátizom területének mérése ultrahang képek alapján. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 54. 4. 331-338.
- Tózsér J., Holló G., Holló I., Seregi J., Repa I. (2004b): A szarvasmarha hosszú hátizom területének mérése real-time ultrahangkészülékkel. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 53. 6. 539-553.
- Tózsér J., Nagy A., Gerszi K., Mézes M., Domokos Z., Kertész I., Fekete T. (1995): A herekörméret, a mellkaszélesség és mélység, valamint az élősúly fenotípusos összefüggésének változása az életkor függvényében charolais fajtájú tenyészbikajelölteknél. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 3. 203-210.
- Tózsér J., Szentléleki A., Zándoki R., Sipos M., Holló G., Holló I., Gábrrielné Tózsér Gy., Zsigmond K. (2006): A fartájék bőr alatti faggyúvastagság (P8) mérésének megbízhatósága real-time ultrahang-készülékkel. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 55. 5. 451-457.
- Wall, P.B., Rouse, G.H., Wilson, D.E., Tait, R.G., Busby, W.D. (2004): Use of ultrasound to predict body composition changes in steers at 100 and 65 days before slaughter. *J. Anim. Sci.*, 82. 6. 1621-1629.
- Wellmann O. (1930): A szimentáli és magyar pirostarka tenyészmárhák bírálata. *Állattenyésztők Lapja*. 76.
- Wellmann O. (1940): A szarvasmarhák bírálata és törzskönyvezése. Akadémiai Kiadó : Budapest, 245.
- Wilson, D.E. (1992): Application of ultrasound for genetic improvement. *J. of Anim. Sci.*, 70. 3. 973-983.
- Wilson, D.E., Rouse, G.H., Haya, C.L., Amin, V.R., Hassen, A. (1999): Carcass expected progeny differences using real-time ultrasound measures from yearling Angus bulls. *J. Anim. Sci.*, 77. 143.
- Wilson, D.E., Rouse, G.H., Haya, C.L., Hassen, A. (2000): Carcass expected progeny differences using real-time ultrasound measures from developing Angus heifers. Annual Meeting of ADSA-ASAS, July 24-28, Baltimore, Maryland. *J. of Anim. Sci.*, 78. 58.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Tózsér János

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
2103. Gödöllő, Páter Károly u. 1.

*Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences,
H-2103 Gödöllő, Páter Károly 1.*

Tel.: 36-28-410-200/1644, Fax: 36-28-410-804

e-mail: tozser.janos@mkk.szie.hu



Jelátviteli molekulák szerepe a petesejtek maturációjában és a korai embriófejlődésben (Irodalmi összefoglalás)

Bali Papp Á.

Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság és Élelmiszer-tudományi Kar, 9200 Mosonmagyaróvár Vár 4.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az áttekintő cikk tárgya a jelátviteli molekulák szerepe az anyagcsere folyamatokban, különös tekintettel a szaporodás életjelenségre. A szerző a jelátviteli molekulák, mint a különböző növekedési faktorok: IGF (Inzulin-szerű növekedési faktor), EGF (Hámnövekedési faktor) VEGF (ér-endotélium növekedési faktor), TGF (Átalakító növekedési faktor), FGF (fibroblaszt növekedési faktor), NGF (Idegi növekedési faktor) és a leptin hatását elemzi a petesejtek maturációjára és az embriófejlődésre.

(*Kulcsszavak: jelátviteli molekulák, növekedési faktorok, petesejt maturáció és embriófejlődés*)

ABSTRACT

Role of signal transduction molecules in oocyte maturation and early embryo development

(A review)

Á. Bali Papp

University of West Hungary Faculty of Animal Sciences, H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 4.

The object of the review article is the role of signal transduction molecules in the metabolism from a special point of view on reproduction. The author has examined the effect of the signal transduction molecules as: IGF ((Insulin-like Growth Factor), EGF (Epidermal Growth Factor), VEGF (Vascular Endothelia Growth Factor), TGF (Transforming Growth Factor) FGF (Fibroblast Growth Factor) NGF (Nerve Growth Factor) and leptin on the oocyte maturation and embryo development

(*Keywords: signal transduction molecules, growth factors, oocyte maturation and embryo development*)

BEVEZETÉS

Napjainkban, vagyis az ezredfordulón a biológiai, és ehhez szorosan kapcsolódva a biotechnológiai kutatások ugrásszerű fejlődésének lehetünk tanúi. A molekuláris mechanizmusok mind pontosabb ismerete hozzásegít bennünket ahhoz, hogy megértsük a sejtek között, a szövetekben és a szervezet egészében lejátszódó folyamatokat, és azok összehangolt működését. A jelátviteli molekuláknak kulcsszerepe van a szervezet összehangolt működésének létrehozásában és fenntartásában a különböző életfolyamatok, így a szaporodás folyamatában is (*1. ábra*).

1. ábra

Szignál transzdukció a sejtekben

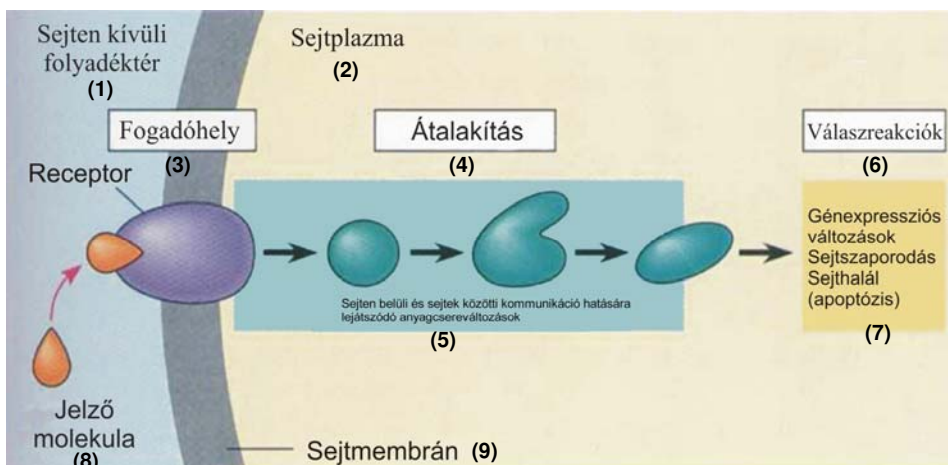


Figure 1: Signal transduction in the cells

Extracellular fluid(1), Cytoplasm(2), Reception(3), Transduction(4), Activation of different pathways on the effect of autocrine and paracrine signals(5), Response reaction(6), Changing in gene expression, proliferáció, apoptosis(7), Signal molecule(8), Cellular membrane(9)

A dolgozat célja, hogy áttekintést nyújtson a különböző növekedési faktorok: IGF (Inzulin-szerű növekedési faktor), EGF (Hámnövekedési faktor) VEGF (ér-endotélium növekedési faktor), TGF (Átalakító növekedési faktor), FGF (fibroblaszt növekedési faktor), NGF (Idegi növekedési faktor) és a leptin hatásáról a különböző emlősállatokban a petesejtek maturációjára és a korai embriók fejlődésére.

Jelátviteli molekulák a szaporodás folyamatában

Az emlős szervezetek egyik fontos élettevékenysége a szaporodás, mely a fajok fennmaradását biztosítja. A petefészkek antrális follikulusainak fejlődését, FSH és LH hormonok általi szabályozottságát már a XX század eleje óta vizsgálják (Pincus-Enzmann, 1935; Chang, 1955; Austin, 1961; Thibault, 1972; Austin és Short, 1982; Foxcroft és Hunter, 1985; Knobil és Neill, 1988) és a folyamatokról egyre többet tudunk napjainkban (Hillier-Miro, 1993; Fricle és mtsai., 1996; Knobil-Neill, 1999; Drummond, 2006).

A molekuláris genetikai kutatások fejlődésével a különböző jelátviteli molekulák (növekedési faktorok, citokinek) szerepe is mind jobban tisztázódott (Monget és mtsai., 1993; Hattori és mtsai., 1995; Mazelbur és mtsai., 2003; Shimasaki és mtsai., 2004). Ezen eredmények felhasználásával lehetőségünk van arra, hogy megfelelő jelátviteli molekulák tenyésztő közegbe juttatásával az *in vitro* petesejt maturációs és embriófejlődés során alkalmazott tápfolyadékok összetételét úgy alakítsuk, hogy azok mind jobban hasonlítsanak az *in vivo* miliőre.

A sejtek közötti kommunikáció fontosságát is több évtizede felismerték, és kutatják Racowski-Mc Gaughey (1982) többek között a garuloza sejtek és petesejtek közötti

kapcsolat mibenlétét elemezték. Ezen ismeretek bővüléséhez járulnak hozzá a legkorszerűbb biotechnológiai módszerek, DNS-microarray analízissel vizsgálták a petefészkek folliculusokban levő különböző sejtekben az aktív géneket (*Caetano és mtsai.*, 2004). *Bonnet és mtsai.*, (2008) kísérleteinek célja az volt, hogy feltárják azokat a génhálózatokat, melyek befolyásolják a petesejt éretté válásának folyamatát. 70 riboszomális gén aktivitását vizsgálták a petesejt morfológia kialakításában, valamint az iontranszporttal, zsírsavcserevel kapcsolatos gének aktivitásának elemzését végezték el granulosa sejtekben.

Növekedési faktorok

IGF (Insulin-like Growth Factor) Inzulin szerű növekedési faktor

Először, a növekedési hormon sejtek fejlődésére gyakorolt hatásának közvetítőjeként fedezték fel és szomatomedinnek nevezték. Az IGF egy egyláncú polipeptid, és nagyfokú homológiát mutat az inzulinnal, a sejtek felszínén meghatározott receptorokhoz kötődik. Az IGF a petefészkekben főleg a téka sejtekben termelődik. Kimutatták az uterusz szöveti folyadékában is. Az IGF expressziót a gonadotropinok és az ösztrogén serkenti. FSH hatására megnövekedik az IGF receptorok száma és az IGF kötődése a granulosa sejtekhez. Az IGF stimulálja a granulosa és téka sejtek proliferációját és szteroidgenézisét az éretlen tüszők preovulációs tüszővé alakulásakor (*Kim és Fazleabas.*, 1999). A granulosa és téka sejtek növekedését és differenciálódását egyaránt serkenti (*Ying és Zang*, 1999; *Xia és mtsai.*, 1994). Az IGF mennyisége jelentős mértékben nő a késői tüszőfejlődés alatt és csökken az atrézia idején. Az IGF fő funkciója, hogy teljessé tegye a gonadotropinok hatását a tüszőfejlődésre. Az IGF szinergizmusban az FSH-val növeli az ösztrogén, progeszteron és inhibin termelést. Az IGF elősegíti a LH receptorok számának növekedését, valamint az androgén hormontermelést. *In vitro* körülmények között a kétsejtes egérembriók blasztociszta állapotig történő fejlődését is elősegíti (*O'Neill*, 1997). Ugyanezt tapasztalták szarvasmarha embriók *in vitro* kultivációs közegének IGF kiegészítésével (*Kaye és mtsai.*, 1992; *Palma és mtsai.*, 1997). Juh petesejt (*Kelly és mtsai.*, 2008) maturációs közegének IGF-1 kiegészítése szignifikánsan ($P < 0,01$) több metafázis II petesejtet eredményezett az érés 18. órájában, de a későbbi időpontokban vizsgálva nem volt ilyen hatása. Szignifikánsan ($P < 0,05$) növelte az osztódási arányt, de a blasztocisztává fejlődést nem segítette szignifikánsan. A hősokkot követő embrió túlélést vizsgálva *Hansen* (2007) megállapította, hogy az oxigénnyomás csökkentése mellett az IGF-1 reguláló molekulának is jelentős szerepe van a túlélés szempontjából, mivel gátolja az apoptózishoz vezető foszfatidil-inazitol-3-kináz anyagcsere utat. Az embrionális túlélés speciális faktorainak meghatározása segít bennünket, hogy új stratégiákat dolgozhassunk ki a hőstressznek kitett állatok vemhesülési arányának növelésére. Minden vizsgált gazdasági állatnál nyomon követhető, hogy a táplálkozás során felvett anyagok közvetítésében az IGF és az inzulinszerű növekedési faktor-kötő-fehérje IGFBP (Insulin-like Growth Factor Binding Protein) vesz aktívan részt.

Rehfeldt és mtsai., (2004) vizsgálatokat végeztek annak érdekében, hogy felmérjék sertés kocák vemhesség alatti táplálékfelvétele és növekedési hormon adagolása milyen hatással van a malacok magzati és a születés utáni fejlődésére. Megállapították, hogy a kocák táplálásában és a növekedési hormon adagolásban eszközölt változtatások kimutathatók a magzati vázizomszövetek és placentális szövetek IGF-IGFBP expressziós változásaiban. Egéرنél az IGF-1 és IGF-2 génexpressziós változásait vizsgálva megállapították (*Fowden*, 2003), hogy az IGF-2 sokkal jelentősebb mértékben expresszálódik a vemhesség középső és végső szakaszában, mint az IGF-1, a magzati

keringésben is kimutathatók, itt az IGF-2 három-tízszerese az IGF-1-nek a vemhesség utolsó szakaszában. Az IGF-2 overexpressziója a magzat túlnövekedését okozza. Az IGF proteinek szabályozása IGFBP-n keresztül történik, melyet táplálék és endokrin komponensek szabályoznak. Az IGF2 a magzati szövetekre parakrin hatást fejt ki, emellett a placentális növekedést is szabályozza, az IGF-1 a táplálék kiegészítők hatására bekövetkező magzati növekedést szabályozza.

Mind laboratóriumi egér, mind humán uterusz vizsgálatok során igazolták (*Kogo és mtsai.*, 2008), hogy az endometriumban a stathmin – egy citoszol foszfoprotein, mely a mikrotubulus képződést és bomlást szabályozza – mellett IGFBP-7 expressziója az endometriumban nagyfokú az embrió implantáció időpontjában. Tehát ezek a fehérjék kulcsfontosságúak az endometrium sejtek differenciálódásában a magzatfejlődés korai szakaszában.

EGF (Epidermal Growth Factor) Hámnövekedési faktor

Egy 6 kDa molekulásúlyú, egyláncú polipeptid, amely 53 aminosavból áll, 3 diszulfid hidat tartalmaz, amely meghatározza a harmadlagos szerkezetét és biológiai aktivitását. Először egér nyálmirigyéből izolálták (*Cohen*, 1962). Az EGF serkenti a különböző epidermalis és epitel sejtek, köztük a fibroblaszt, glia, emlő epitel sejtek osztódását. Szövettenyésztésben alkalmazva csökkenthető a szérum mennyisége *Carpenter és Cohen* (1979). Az EGF biológiai aktivitása sokrétű, befolyásolja a sejtek proliferációs, regulációs és differenciálódási folyamatait. Sejt szinten serkenti az ion transzportot, növeli az endogén fehérje foszforilációt, változást okozva ezzel a sejtmorfológiában és serkenti a DNS szintézist. A petefészekben csökkenti az FSH granulosa sejtek differenciálódására kifejtett hatását. Az EGF a TGF β -val együtt gátolja a granulosa sejteknek cAMP indukálta LH-receptor expresszálo képességét (*Kim és Fazleabas*, 1999). A sertés petesejtek *in vitro* maturáltatásakor a sejtmagérés elősegítése mellett hat a citoplazma megfelelő fejlődésének biztosítására is (*Abeydeera és mtsai.*, 1998; *Ding és Foxcroft*, 1994). Egér és szarvasmarha embriók *in vitro* fejlődését biztosító táptalajhoz adva úgy tapasztalták, hogy nagyobb volt a kétsejtes embriók blasztociszta állapotig történő fejlődésének aránya, és hatott a blasztociszta sejtszámának növekedésére is (*Flood és mtsai.*, 1993; *Paria és Dey*, 1990). Az EGF stimulálta a blasztociszta állapotú embriók fehérjeszintézisét, az aminosavak felvételét és beépülését (*Wood és Kaye*, 1989). Juh petesejtek (*Kelly és mtsai.*, 2008) maturációs közegének EGF kiegészítése önmagában vagy IGF-1-el kombinálva egyaránt szignifikánsan növelte az osztódási arányt, de a blasztocisztává történő fejlődés aránya nem javult jelenléte mellett.

TGF (Transforming Growth Factor) Átalakító növekedési faktor

A TGF β egy 25 kDa molekulásúlyú dimer. Két fehérje láncból áll, melyet egy diszulfid hid kapcsol össze. A 112 aminosavat tartalmazó monomer egy 390 aminosavból álló inaktív lánc proteolitikus bomlásával jön létre. Nem teljesen tisztázott, hogy a TGF β serkenti vagy gátolja, illetőleg nem hat a sejtosztódásra. Igazolták, hogy a legtöbb epiteliális sejt növekedését gátolja szövettenyésztésben, de egyes mezoderális sejtek szaporodását serkenti. A petefészekben mind a granulosa, mind a téka sejtek termelik. A granulosa sejtek érése magában foglalja a cAMP termelést, a szteroidgenézist és az LH receptorok számának növelését és úgy tűnik, hogy ezekre a folyamatokra a TGF β hatása kettős. A TGF β alacsony FSH szint mellett serkenti a granulosa sejtek és LH receptorok termelődését, míg magas FSH szint mellett szelektíven gátolja azokat. A TGF β serkenti az EGF receptorok számának emelkedését, és ezzel befolyásolja az EGF granulosa

sejtek differenciálódására kifejtett gátló hatását (Kim és Fazleabas, 1999). Hunter és mtsai. (2004) átfogó munkájukban, mely a különböző gazdasági állatok folliculáris fejlődését és az ovulációs rátát befolyásoló endokrin és parakrin faktorokat vizsgálták, többek között a boorola juh fajta többes ovulációját, melyet a TGF β családba tartozó BMP (bone morphogenetic protein) /csont-morfogenetikai fehérjén/ keresztül egyetlen gén határoz meg. Gilchrist és mtsai. (2004) összefoglaló cikkükben felhívják a figyelmet a TGF β családba tartozó /növekedési és differenciációs faktor a GDF-9 (Growth and Differentiation Factor) és a BMP-6 petesejtek által termelt növekedési faktoroknak a petesejt- granulosa sejt differenciálódási folyamataiban játszott kulcsszerepére.

Knight és Glistler (2006) TGF β csoportba tartozó fehérjéket tárgyaló összefoglaló cikkükben szintén említést tesznek különböző BMP (BMP-4 és BMP-7) fehérjékről, melyek pozitívan befolyásolják a primordiális- primér folliculus átalakulást a nőivarú állatoknál. A szintén TGF β csoportba tartozó GDF-9 és BMP-15 már a fejlődés nagyon korai szakaszában kifejeződik a petesejtben, és kulcsszerepet játszanak a folliculus fejlődésben a primér tüsző fázisban. A későbbi tüszőfejlődésben pozitív szerepet tulajdonítanak a granulosa sejtek által termelt aktivinnak a BMP-2, BMP-5, illetve BMP-6-nak, valamint a téka sejtek által termelt BMP-2, BMP-4, BMP-7 és a petesejtek által termelt BMP-6-nak. Ezek a faktorok elősegítik a granulosa sejtek szaporodását, védenek a túl korai lutenizációtól és /vagy atréziától. Továbbá az aktivin, a TGF β és számos BMP parakrin hatást gyakorol a téka sejtekre csökkentve azok LH függő androgén hormon termelését a kis és közepes méretű folliculusokban.

VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor) ér-endotélium növekedési faktor

Egy 45 kDa súlyú homodimer fehérje. Hunter és mtsai. 2004-ben igazolták, hogy az ovuláló folliculusok fejlődése szempontjából az angiogenezis nagyon fontos, különösen a gonadotropinok által stimulált VEGF termelés, mely elsősorban a granulosa sejtekben történik a petefészekben. Kimutatták, hogy preantrális folliculusokba történő VEGF adagolás hatására növekedett az preovulációs folliculusok száma, tehát új eszköz áll rendelkezésünkre, mellyel szabályozhatjuk az ovuláló tüszők számát és minőségét. Monteleone és mtsai. (2008) szerint a VEGF szerepet játszik a folliculust körülvevő kapilláris hálózat kialakításában. A tüsző megfelelő vérellátása alapvetően fontos a tüszőn belüli oxigénellátásban és meghatározza a petesejt minőségét, fejlődőképességét. Kutatásokat végeztek annak megértésére is, hogy az ösztrogén pozitív szerepe mellett, mely faktorok szabályozzák negatívan az érképződési folyamatokat. Basilini és mtsai. (2009) sertés tüsző vizsgálatok során megállapították, hogy a 4 hidroxioesztrodiol (mely az ösztrogén szintézis egyik fő metabolitja) a VEGF képződés gátlásán keresztül gátolja az angiogenezist.

FGF (Fibroblast Growth Factor) Fibroblaszt növekedési faktor

Eddig számos (22) különböző FGF-t izoláltak, molekulásúlyuk 7–38 kDa között található, jelentős szerepet játszanak a szervezet fejlődési, sérülésreparálási, vörsejt előállítás és tumorogenezises folyamataiban. Szerepük nem korlátozódik a fibroblaszt sejtekre, hanem számos sejt típusban befolyásolják a mitózisos, kemotaktikus, idegi és vörsejtképző aktivitást. Egyik fajtája az FGF-2 elősegíti a granulosa sejtek mitózisos osztódását, gátolja differenciálódásukat és szabályozza a téka sejtek szteroidgenézisét. Az ösztrodiol és androsztendiol kiválasztást csökkenti, de a progeszteron termelést nem befolyásolja (Kim és Fazleabas, 1999). Onagbesan és mtsai. (2009) áttekintő cikkükben a különböző növekedési faktoroknak, így a FGF-nek a madarak petesejtfejlődésében játszott szerepét elemzi. Drummond és mtsai. (2007) szerint az FGF-9 fehérje

megtalálható a téka és a sárgatest sejtekben és receptorai FGFR-2 és FGFR-3 proteinek a granulosa, téka és sárgatest sejtekben valamint a petesejtben kimutathatók immunhisztokémiai festéssel. Nagy valószínűséggel az ovációt követő tüszősejt átalakulásban és a progeszteron termelés beindításában van szerepe.

NGF (Nerve Growth Factor) Idegi növekedési faktor

Az NGF izolálása először 1953-ban egér szarkoma sejtekből történt (*Levi-Montalcini*, 1987). *Mayerhofer és mtsai.* (1996) igazolták, hogy a tüszőrepedést megelőző órákban jelentős növekedés tapasztalható a trkA gén (az NGF tirozinkináz receptora) és az NGF gén expressziójában a téka sejtekben. Azt, hogy a trkA receptor specifikus aktivitást mutat az NGF kötésére *Kaplan és mtsai.* (1991) igazolták.

Először azt feltételezték, hogy az NGF csak a központi és perifériás idegrendszer sejtjeire hat (*Martin-Zanca és mtsai.*, 1990), de egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a trkA receptoroknak az NGF közvetítette aktiválása a nem neurális sejtekre is hat. Jelentős szerepe van az endokrin és immunrendszeri sejtek differenciálódási és proliferatív folyamataiban (*Ehrhard és mtsai.*, 1993; *Horigome és mtsai.*, 1993; *Missale és mtsai.*, 1994, *Sharmann és mtsai.*, 1993). Az NGF-trkA rendszer a téka externa sejtjeiben hat (*Mayerhofer és mtsai.*, 1996), megkezdődik meg a folliculus fal degradációja, és valószínű ekkor kezdődik meg a téka sejtekben a nyugalmi fázisból a proliferatív fázisba való átlépés, tehát az NGF-re való válaszadás kiterjedése (*Dissen és mtsai.*, 1996), feltételezték, hogy az NGF parakrin regulátora az ovulációs folyamatnak.

Újabbban több kutatócsoport vizsgálja a glia sejt vonal eredetű idegi faktor, a GDNF (Glial cell line Derived Neurotrophic Factor) hatását a sertés petesejt maturációra és az azt követő korai embriófejlődésre. Kanadában dolgozó kutatók (*Linher és mtsai.*, 2007) megállapították, hogy a GDNF és ko-receptora a GDNF családba tartozó glia sejt vonal eredetű idegi faktor receptor, a GFR α 1 (Glial Factor Receptor-Alpha-1) kifejeződik az oocitákban, és azt körülvevő kumulusz sejtekben, azok akár kis vagy nagy folliculusokból származnak. Kísérleti eredményeik szerint, ha a maturációt GDNF jelenlétében végezték szignifikánsan növelte a kis és nagy folliculusokból származó petesejteket körülvevő kumulusz sejtek expanszióját, és a kis folliculusokból származó petesejtek esetében a metafázis II állapot elérését is, de a nagy tüszőkből származókra nem hatott szignifikánsan. A citoplazmatikus érés jelzésére szolgáló ciklinB1 szint vizsgálata azt mutatta, hogy a nagy és kis tüszőkből származó petesejteknel egyaránt szignifikánsan magasabb volt GDNF jelenlétében, mint a kontrollnál. A kis tüszőkből származó blasztociszta embrió kialakulást jelentősebben növelte, mint a nagy tüszőkből származókat. A GDNF hatása specifikus a sejtmagérésre és korai embriófejlődésre, mivel GFRA1 ellenanyag hatására blokkolódtak ezek a folyamatok.

Vizsgálták az agyi eredetű idegi faktor, a BDNF (brain derived neurotrophic factor) hatását sertés petesejtek *in vitro* maturációjára úgy, hogy a petesejtek és folliculáris sejtek BDNF és trkB receptor aktivitását követték RT-PCR mérésekkel. (30 ng/ml) BDNF kiegészítés szignifikáns növekedést ($P < 0.05$) eredményezett a petesejtek glutation szintjének emelkedésében és az első sarkítást kilökődésben. Ha EGF (10 ng/ml) kiegészítést is alkalmaztak a BDNF mellett az IVF (29,1% a kontroll 15,6%) illetve a klónozás, az SCNT (somatic cell nuclear transfer) (13,6% a kontroll 3%) után egyaránt erőteljesebb blasztociszta formálódást figyelhettek meg. Megállapításaik szerint a BDNF egyaránt növeli a petesejt citoplazmatikus és sejtmagi érési potenciálját, valamint EGF-el kombinálva az embriók fejlődési képességét IVF után (*Lee és mtsai.*, 2007).

Humán IVF eljárásban (*Monteleone és mtsai* 2007) 23 páciens vér BDNF vizsgálatait végezték el az IVF 1 napján (D1), nyolcadik napján (D8) a HCG kezelés

napján (DHCG) és az oocita nyeres napján (DOR). Azt tapasztalták, hogy minden vizsgált személynél pozitív korreláció volt a BDNF és az ösztadiol között a stimulációs ciklusban. Mind az állapotos, mind a nem állapotos pácienseknél a BDNF mennyisége szignifikánsan nőtt a D8 nap és HCG kezelés között, és állandó maradt a DOR napjáig. Mindezek alapján azt állapították meg, hogy a BDNF plazma koncentrációjának ismerete alapján nem állapítható meg az IVF eljárás eredményessége, ez a neutrofin faktor szoros összefüggést mutat az ösztadiollal és különösen az ovuláció körül fontos faktor.

Leptin

Az 1990-es években felfedezett leptin egy citokinszerű, 16 kDa méretű protein hormon, mely az obese (elhízás) gén terméke, elsősorban a fehér zsírszövetben, és a placentában termelődik (Harvey és Ashford, 2003). Elsődleges feladata a testsúly szabályozása az energiamérleg szabályozásán keresztül, a hipotalamuszra hat, GnRH-termelő neuron sejtekben ahol leptin receptorok találhatóak, melyek az étvágyat szabályozó peptideket is termelik (2. ábra).

Igazolták, hogy a leptin (ehhez kapcsolódóan a testzsír mennyisége) összefüggésben van a szaporodással. A leptinnek kulcsszerepe van a test zsír depóinak kontrollálásában, a táplálkozási viselkedés kialakításában, az anyagcseremérleg szabályozásában. Tehát a leptin „barométer”-ként működik, a test kondíciójáról értesíti az agyat, de a leptinnek meghatározó szerepe van a pubertás idején is a rágcslók, főemlősök és az ember esetében egyaránt, mivel jelzi az agynak, hogy a test készen áll a szexuális érése és a szaporodásra. A lányoknál a szérum leptin koncentrációja drámaian megnő a pubertás idején, és ez összefügg a test zsírtartalmának növekedésével. A fiúknál a leptin szint csak közvetlenül a pubertás előtt magasabb és ezután csökken, mivel az izomszövet mennyisége nő meg a testsúlyon belül a zsír rovására (Kliss és mtsai., 1999). *In vitro* kísérletekkel igazolták (Clarke és Henry, 1999), hogy a leptinnek a petefészek szteroid termelésre pozitív hatása van, míg ugyanezt a testisz esetében nem igazolták, ellenkezőleg a tesztoszteron elnyomja a leptin szintézist a zsírsejtekben. A leptin koncentráció nő a vérben terhes nőknél, a placenta leptin termelésének köszönhetően, különösen a terhesség késői szakaszában és a szülés körül, ahol az anyai zsírraktárak feltöltődtek, és felkészül az anyai szervezet a szoptatásra. A monogasztrikus élőlények mellett a poligasztrikus szarvasmarha és juh esetében is vizsgálták a leptin hatását. Igazolták (Williams és mtsai., 2002), hogy az ivarérés körül a keringésben megnő a leptin koncentráció az üszöknél, és ezzel párhuzamosan a test zsírosszététele is változik. A rekombináns leptin adagolás jellemzően magas LH kiválasztást eredményezett a kezelt állatoknál. A legújabb kísérletekben sertés *in vitro* maturációs közeg kiegészítését vizsgálták leptinnel és megállapították (Kun és mtsai., 2007), hogy a sertés petesejtek meiotikus érését szignifikánsan elősegítette 10 vagy 100 ng/ml leptin hozzáadása, ha ezt a maturáció első 22 órájában jutatták a közeghez (76.8% és 73.8% a kontrollé pedig 61.7%). A partenogenetikusan embriók esetében a blasztociszták arányát jelentősen növelte (37.5% , míg a kontrollé 21.7%) valamint SCNT embriók osztódási arányát (72% a kontrollé 56%), bár ebben az esetben a blasztocisztává fejlődésre nem hatott szignifikánsan. A leptinről kimutatták (Paula-Lopes és mtsai., 2007) hogy serkenti a szarvasmarha petesejtek maturációját is, befolyásolja a blasztociszta fejlődést, speciális festéssel kimutatták, hogy az apoptózis sejt számát csökkenti a kumulusz sejtekben. RT-PCR vizsgálatokkal igazolták, hogy a leptin hatására eltérő géneexpresszió valósul meg a petesejtben és a kumulusz sejtekben.

2. ábra

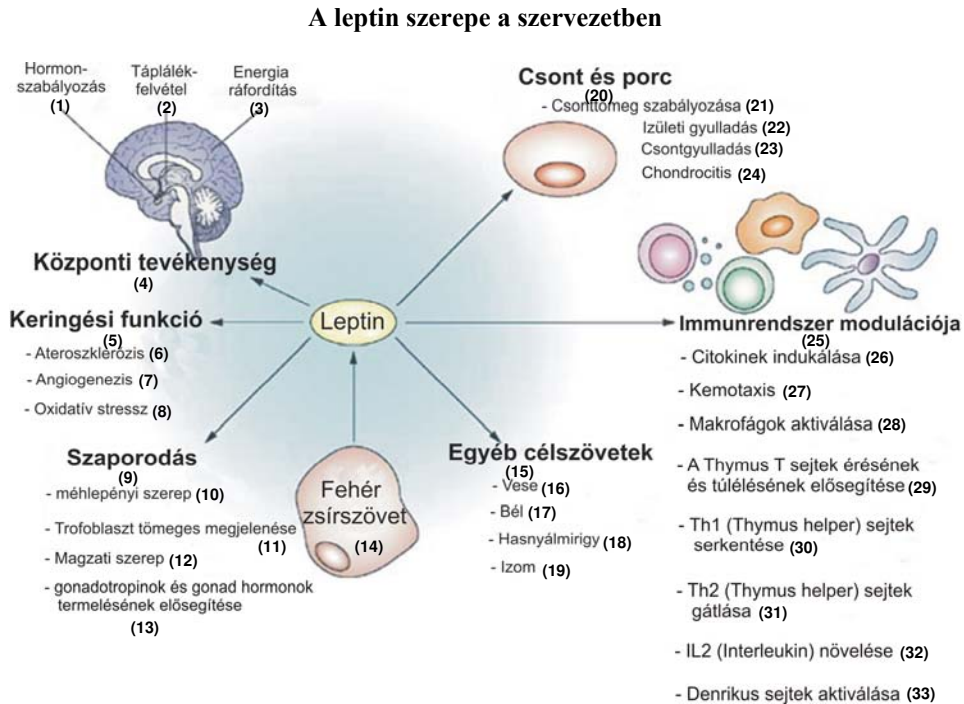


Figure 2: The role of leptin in the organism

Hormone regulation(1), Food intake(2), Energy expenditure(3), Central action(4), Vascular function(5), Atherosclerosis(6), Angiogenesis(7), Oxidative stress(8), Reproduction(9), Placental role(10), Trophoblast mass(11), Activations of gonadotrophins and gonadal hormones(13), White adipose tissue(14), Target tissue(15), Kidney(16), Gut(17), Pancreas(18), Muscle(19), Bone and cartilage tissue(20), Regulation of bone mass(21), Rheumatoid arthritis(22), Osteoarthritis(23), Chondrocytis(24), Immune system modulation(25), Cytokine induction(26), Chemotaxis(27), Macrophage activation(28), Increase of maturation and survival of Thymus T cells(29), Th1 cells stimulation(30), Th2 cells inhibition(31), Increase of IL2(32), Dendritic cells activation(33)

IRODALOM

Abeydeera, L.R., Wang, W.H., Cantley, T., Rieke, A., Prather, R., Day, B. (1998): Presence of epidermal growth factor during in vitro maturation of pig oocytes and embryo culture can modulate blastocyst development after in vitro fertilization. Mol. Reprod. Dev., 51. 395-401.

Austin, C. (1961): The Mammalian egg. Blackwell Science Publications, Oxford.

Austin, C., Short, R. (eds)(1982): Reproduction in Mammals, Vol I. Germ Cells and Fertilization. Cambridge University Press, Cambridge.

- Basini G, Bussolati S, Santini SE, Bianchi F, Careri M, Mangia A, Musci M, Grasselli F. (2008): Hydroxyestrogens inhibit angiogenesis in swine ovarian follicles. *Endocrinol.* 199 127-135.
- Bonnet, A., Le Cao, K.A., SanCristobal, M., Benne F., Robert- Granie, C., Law-So, G., Fabre, S., Besse, P., De Billy, E., Quesnel, H., Hatey, F., Tosser-Klopp, G. (2008): In vivo gene expression in granulosa cells during pig terminal follicular development. *Reprod.*, 136. 1-14.
- Caetano, A.R., Johnson, R.K., Ford, J.J., Pomp D. (2004): Microarray profiling for differential gene expression in ovaries and ovarian follicles of pig selected for increased ovulation rate. *Genet.*, 168. 1529-1539.
- Carpenter, G., Cohen, S. (1979): Effects of EGF on proliferation of epithelial cells *Ann. Rev. Biochem.*, 48. 193.
- Chang, M (1955): The maturation of rabbit oocytes in culture and their maturation, activation, fertilization and subsequent development in the fallopian tubes. *J. Exp. Zool.*, 128. 378-405.
- Clarke, I.J., Henry B.A. (1999): Leptin and reproduction. *Rev. Reprod.*, 4. 48-55.
- Cohen, S.J. (1962): A new compound from mouse maxillary gland. *Biol. Chem.*, 237. 1555.
- Ding, J., Foxcroft, G.R. (1994): FSH-stimulated follicular secretions enhanced oocyte maturation in pigs. *Therio.*, 41. 1437.
- Dissen G.A., Hill D.F., Costa M.E., Dees W.I., Lara H.E., Ojeda S.R., (1996): A role for trkA nerve growth factor receptors in mammalian ovulation. *Endoc.*, 137. 198-209.
- Drummond, A.E. (2006) Role of steroids in follicular growth. *Reprod Biol. Endoc.*, 4. 16.
- Drummond AE, Tellbach M, Dyson M, Findlay JK. (2007): Fibroblast growth factor-9, a local regulator of ovarian function. *Endoc.*, 48 3711-3721.
- Ehrhard, P.B., Erb, P., Graumann, U., Otten V. (1993): Expression of nerve growth factor and nerve growth factor receptor tyrosine kinase trk in activated CD4-positive T-cell clones. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 90. 10984-10988.
- Flood, M.R., Gage, T.L., Bunch T.D. (1993): Effect of various growth promoting factors on preimplantation bovine embryo development in vitro. *Therio.*, 39. 823-833.
- Foxcroft, G.R., Hunter, M.G. (1985): Basic physiology of follicular maturation in the pig. *J. Reprod Fertil.*, 33. 1-19.
- Fowden, A.L. (2003): The insulin-like growth factors and feto-placental growth. *Placenta.* 8-9. 803-812.
- Fricle, P.M., Ford, J.J., Reynolds, L.P., Redmer D.A. (1996): Growth and cellular proliferation of antral follicles throughout the follicular phase of the oestrus cycles in meishan gilts. *Biol. Reprod.*, 54. 879-887.
- Gilchrist RB, Ritter LJ, Armstrong DT. (2004): Oocyte-somatic cell interactions during follicle development in mammals. *Anim Reprod Sci.*, 82-83:431-446.
- Hansen, P.J. (2007): To be or not to be-determinants of embryonic survival following heat shock. *Therio.* 68. 1. 40-48.
- Harvey, J., Ashford, M.L.J. (2003): Leptin in the CNS: much more than a satiety signal. *Neuropharm.* 44. 845-854.
- Hattori, M.A., Yoshino, I., Shinohara, Y., Horiuchi, R., Kojima I. (1995): A novel action of epidermal growth factor in rat granulosa cells its potentiation of gonadotropin action. *J. Mol. Endoc.*, 15. 283-291.
- Hillier, S.G., Miro F. (1993): Inhibin, activin and follistatin. Potential roles in ovarian physiology. *Annals of the New York Academy of Sciences* 687 29-38.
- Horigome, K., Pryor, J.C., Bullock, E.D., Johnson Jr. E.M. (1993): Mediator release from mass cells by nerve growth factor. *J. Biol. Chem.*, 268. 14881-14887.

- Hunter, M.G., Robinson, R.S., Mann, G.E., Webb, R. (2004): Endocrine and paracrine control of follicular development and ovulation rate in farm species. *Anim Reprod Sci.*, 82-83. 461-477.
- Kaye, P.L., Bell, K.L., Beebe, L.F., Dungleison, L.F.S., Gardner, H.G., Harvey, M.B. (1992): Insulin-like growth factors (IGFs) in preimplantation development. *Reprod. Fertil., Dev.* 4. 373-386.
- Kaplan, D.R., Hempstead, B.L., Martin-Zanca, D., Chao, M.V., Parada, L.F. (1991): The *trk* proto-oncogene product: a signal transducing receptor for nerve growth factor. *Sci.*, 252. 554-558.
- Kelly, J.M., Kleemann, D.O., Maxwell W.M., Walker S.K. (2008): Effects of insulin-like growth factor-I, epidermal growth factor and cysteamine on the *in vitro* maturation and development of oocytes collected from 6- to 8-week-old Merino lambs. *Reprod Fertil Dev.*, 20. 570-578.
- Kiess, W., Reich, A., Meyer, K., Glasow, A., Deutscher, J., Klammt, J., Yang, Y., Muller, G., Kratzsch, J. (1999): A role for leptin in sexual maturation and puberty? *1: Horm. Res.*, 51. 3. 55-63.
- Knight PG, Glister C. (2006): TGF-beta superfamily members and ovarian follicle development. *Reprod.*, 132 177-188.
- Knobil, E., Neill, J.D. (eds.) (1988): *The Physiology of Reproduction* Raven Press, Ltd., New York.
- Knobil, E., Neill, J.D. (eds.) (1999): *Encyclopaedia of Reproduction*. 3. Academic Press, San Diego.
- Kim, J.J., Fazleabas, T. (1999): Growth factors. In: Knobil, E., Neill, J.D. (eds.) *Encyclopaedia of Reproduction*. 2. Academic Press, San Diego. 573-583.
- Kogo, H., Yoshie, M., Kutsukake, M., Tamura, K. (2008): [Role of implantation-related factors, stathmin and insulin-like growth factor-binding protein 7 in reproductive endocrinology] *Yakugaku Zasshi*. 128. 565-574.
- Kun, Z., Shaohua, W., Yufang, M., Yankun, L., Hengxi, W., Xiuzhu, S., Yonghui, Z., Yan, L., Yunping, D., Lei, Z., Ning L. (2007): Effects of leptin supplementation in *in vitro* maturation medium on meiotic maturation of oocytes and preimplantation development of parthenogenetic and cloned embryos in pigs. *Anim. Reprod. Sci.*, 101. 85-96.
- Lee, E., Jeong, Y.I., Park, S.M., Lee, J.Y., Kim, J.H., Park, S.W., Hossein, M.S., Jeong, Y.W., Kim, S., Hyun, S.H., Hwang, W.S. (2007): Beneficial effects of brain-derived neurotrophic factor on *in vitro* maturation of porcine oocytes. *Reprod.*, 134. 405-414.
- Levi-Montalcini R. (1987) Identification of nerve growth factor. *Sci.* 237. 1154.
- Linher, K., Wu, D., Li J. (2007): Glial cell line-derived neurotrophic factor: an intraovarian factor that enhances oocyte developmental competence *in vitro*. *Endoc.*, 148. 4292-4301.
- Martin-Zanca, D., Barbacid, M., Parada, L.F. (1990): Expression of the *trk* proto-oncogene is restricted to the sensory cranial and spinal ganglia of neural crest origin in mouse development. *Genes Dev.*, 4. 683-694.
- Mayerhofer, A., Dissen, G.A., Parrot, J.A., Hill, D.F., Mayerhofer, D., Garfield, R.E., Costa, M.E., Skinner, M.K., Ojeda, S.R. (1996): Involvement of nerve growth factor in the quality cascade: *trkA* receptor activation inhibits gap junctional communication between theca cells *Endoc.*, 137. 5662-5669.
- Mazelbourg, S., Bondy, C.A., Zhou, J., Monget P. (2003): The insulin like growth factor system: a key determinant role in the growth and selection of ovarian follicles? A comparative species study. *Reprod. Dom. Anim.*, 38. 247-258.

- Missale, C., Boroni, F., Sigala, S., Zanellato, A., Dal Toso, M., Balsari, A., Spano, P. (1994): Nerve growth factor directs differentiation of the bipotential cell line H6-3 in to the mammothroph phenotype. *Endoc.*, 135. 290-298.
- Monget, P., Monniaux, D., Pisselet, C., Durrand, P. (1993): Changes in insulin like growth factor I (IGF-I.) IGF-II., and their binding proteins during growth and atresia of ovarian follicles. *Endoc.*, 132. 1438-1446.
- Monteleone, P., Artini, P.G., Simi, G., Cela, V., Casarosa, E., Begliuomini, S., Ninni, F., Pluchino, N., Luisi, M., Genazzani, A.R. (2007): Brain derived neurotrophic factor circulating levels in patients undergoing IVF. *Assist. Reprod. Genet.*, 24. 477-480.
- Monteleone P, Giovanni Artini P, Simi G, Casarosa E, Cela V, Genazzani AR. (2008): Follicular fluid VEGF levels directly correlate with perifollicular blood flow in norm responder patients undergoing IVF. *Assist Reprod Genet.*, 25. 183-186.
- Onagbesan O, Bruggeman V, Decuypere E. (2009): Intra-ovarian growth factors regulating ovarian function in avian species: a review. *Anim. Reprod. Sci.*, 111. 121-140.
- O'Neill, C. (1997): Evidence for the requirement of autocrine growth factors for development of mouse preimplantation embryos *in vitro*. *Biol. Reprod.*, 56. 229-237.
- Palma, G.A., Muller, M., Brem, G. (1997): Effect of insulin-like growth factor I (IGF-I) at high concentration on blastocyst development of bovine embryos produced *in vitro*. *J. Reprod. Fertil.*, 110. 347-353.
- Paria, B.C., Dey, S.K. (1990): Preimplantation embryo development *in vitro*: cooperative interactions among embryos and role of growth factors. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 87. 4756-4760.
- Paula-Lopes, F.F., Boelhaue, M., Habermann, F.A., Sinowatz, F., Wolf E. (2007): Leptin promotes meiotic progression and developmental capacity of bovine oocytes via cumulus cell-independent and -dependent mechanisms. *Biol Reprod.*, 76. 532-541.
- Pincus, G., Enzmann, E. (1935): The comparative behaviour of mammalian eggs *in vivo* and *in vitro* I. The activation of ovarian eggs. *J. Exp. Med.*, 62. 665-675.
- Racowsky, C., McGaughey, R. (1982): Further studies of the effect of follicular fluid and membrane graanulosa cells on the spontaneous maturation of pig oocytes. *J. Reprod. Fertil.*, 66. 505-512.
- Rehfeldt, C., Nissen, P.M., Kuhn, G., Vestergaard, M., Ender, K., Oksbjerg, N. (2004): Effects of maternal nutrition and porcine growth hormone (pGH) treatment during gestation on endocrine and metabolic factors in sows, fetuses and pigs, skeletal muscle development, and postnatal growth. *Dom. Anim. Endoc.*, 27. 267-85.
- Sharmann, R., Tazi, A., Polak, M., Kanaka, C., Czernichow, P. (1993): Expression of functional nerve growth factor receptors in pancreatic beta cell lines and foetal rat islets in primary culture. *Diab.*, 42. 1829-1836.
- Shimasaki, S., Moore, R.K., Otsuha, F., Erickson, G.F. (2004): The bone morphogenetic protein system in mammalian reproduction. *Endoc. Rev.*, 25. 72-101.
- Thibault, C. (1972): Final stages of mammalian oocyte maturation. In: Biggers, J., Schuetz, A. (eds) *Oogenesis*. University Park Press, Baltimore.
- Williams, G.L., Amstalden, M., Garcia, M.R., Stanko, R.L., Nizielski, S.E., Morrison, C.D., Keisler, D.H. (2002): Leptin and its role in the central regulation of reproduction in cattle. *Dom. Anim Endoc.*, 23. 339-349.
- Wood, S.A., Kaye, P.L. (1989): Effects of epidermal growth factor on preimplantation mouse embryos. *J. Reprod. Fertil.*, 85. 575-582.

- Xia, P., Tekpetey, F.R., Armstrong, D.T. (1994): Effect of IGF-I. on pig oocyte maturation, fertilization, and early development in vitro, and on granulosa and cumulus cells biosynthetic activity. *Mol. Reprod. Dev.*, 38. 373.
- Ying, S.Y., Zhang, Z. (1999): Ovarian hormones, overview. In: Knobil, E., Neill, J.D. (eds.) *Encyclopaedia of Reproduction 3*. Academic Press, San Diego, 578-582.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Bali Papp Ágnes

Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság és Élelmiszer-tudományi Kar,
9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

University of West Hungary Faculty of Animal Sciences,

H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

Tel.: 36-96-566-600; Fax: 36-96-566-620

e-mail: bali@mtk.nyme.hu



A fumonizin B₁ mikotoxin hatása humán és házinyúl vörösvérsejtek membrán-fluiditására

Hafner¹ D., Bogner¹ P., Rajli^{1,2} V., Tornyos¹ G., Pósa¹ R., Horn^{1,2} P.,
Kovács^{1,2} M.

¹Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.
²MTA-KE Állattenyésztési és Állathigiéniai Kutatócsoport, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők fumonizin B₁ (FB₁) mikotoxin membránkárosító, illetve membránműködést befolyásoló hatását vizsgálták. Első lépésben egészséges nyúl vörösvértestekből izolált szellemsejteket vizsgáltak, melyeket emelkedő koncentrációjú (10, 50 és 100 µM) tisztított FB₁-el inkubáltak, majd DPH (1,6-difenil-1,3,5-hexatrién) fluoreszcens festékkel jelölték, ezt követően meghatározták a fluoreszcens anizotrópiát. Második lépésben intakt humán vörösvértestekben megvizsgálták, hogy azokat 7 illetve 24 órán át tisztított, 50 µM illetve 1 mM FB₁-el inkubálva emelkedik-e a K-ion kiáramlása, ami a vörösvértestek membránkárosodásának érzékeny mutatója. A kísérletsorozat harmadik lépéseként 5 mg/nap/állat FB₁ toxinnal 10 napon át kezelt nyulakból származó vörösvértesteket vizsgáltak. A kísérleti állatokból származó vörösvérsejt szellemsejteket DPH-val jelölték, majd megmérték azok fluoreszcens anizotrópiáját. A növekvő (10–50–100 µM) koncentrációjú FB₁ nem okozott változást a szellemsejtek fluoreszcens anizotrópia értékeiben 1 és 4 órás kezelést követően. Az 50 µM FB₁-el 7 órán keresztül tartó inkubáció hatására az extracelluláris tér Na-ion koncentrációja 147,5–149,2 mmol/L, míg K-ion koncentrációja 0,04–1,64 mmol/L között változott. A mért koncentrációk sem a referenciaként használt oldattól, sem pedig a kiindulási 0 órás értékektől nem különböztek jelentősen és szignifikánsan. Ehhez képest a 24 órás, 1 mM FB₁-el való inkubáció kismértékű Na-kiáramlás emelkedést eredményezett (182,4–190,6 mmol/L), míg a K-kiáramlás nem emelkedett a fiziológiás határérték fölé (a maximális koncentráció 3,8 mmol/L volt). A toxinnal kezelt nyulak vörösvérsejteiből készült szellemsejtek anizotrópiája 4 órás inkubációt követően hasonló értékeket mutatott, mint az egészséges nyulakból származóké. A FB₁ in vitro és in vivo körülmények között tehát, az alkalmazott dózisokban, nem volt hatással az ember és a nyúl vörösvérsejtjeinek vizsgált fiziko-kémiai tulajdonságaira.

(Kulcsszavak: fumonizin B₁, membránfluiditás, vörösvérsejt, nyúl, sertés)

ABSTRACT

Effect of fumonisin B₁ mycotoxin on membrane fluidity of human and rabbit erythrocytes

D. Hafner¹, P. Bogner¹, V. Rajli^{1,2}, G. Tornyos¹, R. Pósa¹, P. Horn^{1,2}, M. Kovács^{1,2}

¹University of Kaposvár, Faculty of Animal Science, H-7400, Kaposvár, Guba S. 40.

²MTA-KE Research Group of Animal Breeding and Animal Hygiene, H-7400, Kaposvár, Guba S. 40.

The authors examined the membrane damaging effect of fumonisin B₁ (FB₁). First, Hb-free ghosts of erythrocytes were isolated from healthy rabbits, incubated with purified FB₁ (10,

50 and 100 μM) for 1 and 4 hours, labelled with DPH (1,6-diphenyl-1,3,5-hexatriene), for determining the fluorescent anisotropy. Secondly, intact human red blood cells were incubated with purified FB₁ (50 μM and 1 mM) for 7 and 24 hours, and extracellular (EC) K⁻ ion concentration as a sensitive indicator of membrane damage was determined. Finally, rabbits were treated with 5 mg FB₁/day/animal for 10 days. Ghost cells isolated from the treated animals were labelled with DPH, and the fluorescent anisotropy was determined. Increasing concentration of FB₁ (10–50–100 μM) did not cause change in the fluorescent anisotropy of the ghosts isolated from healthy rabbits. After incubation of the intact human erythrocytes with 50 μM FB₁ for 7 hrs, the EC Na⁺ and K⁺ concentrations were 147.5–149.2 mmol/L and 0.04–1.64 mmol/L, respectively. No significant difference attributable to the toxin was detected. Incubation with the same concentration of FB₁ for 24 hrs resulted in a slight increase in the EC Na⁺ level (182.4–190.6 mmol/L), while the K⁺ level remained unchanged. Ghosts of the rabbits treated with FB₁ showed similar anisotropy to those of untreated animals. It could be concluded that FB₁ in the applied concentrations did not cause changes in the different physical-chemical parameters examined in human and rabbit erythrocytes' membranes.

(Keywords: fumonisin B₁, membrane fluidity, erythrocytes, rabbit, pig)

BEVEZETÉS

A fumonizin B₁ (FB₁) a *Fusarium verticillioides* penészgomba másodlagos anyagcsere terméke. A toxin pontos hatásmechanizmusa még ma sem teljesen ismert. Molekulaszerkezete nagyon hasonló a szfingolipidekéhez (Shier, 1992), specifikus támadáspontja a szfinganin-N-acetiltranszferáz enzim. Így egyrészt gátolja a szfingolipidek bioszintézisét, másrészt a komplex szfingolipidek lebomlásakor keletkező szfingozin ismételt belépését a szfingolipid szintézis körforgásába. Ennek eredményeként a fumonizin hatást követően a szfinganin (SA) és szfingozin (SO) aránya (SA/SO) megnövekszik, amely érzékeny és specifikus biomarker az állatok fumonizin felvételének igazolására (Riley és mtsai., 1993, 1994; Wang és mtsai., 1992).

A szfingolipidek többnyire a sejtmembránban, lipoproteinekben, és más lipidben gazdag képletekben találhatóak. Különösen fontosak a plazmamembrán kaveoláinak kialakításában, jelentősen befolyásolják a membránok tulajdonságait (Blumberg és mtsai., 1995). Az egyes állatfajokban FB₁ hatására bekövetkező nagyon eltérő kórképek (lovak agylágyulása, sertések tüdőödémája) oka feltehetően az, hogy a sejtek eltérő módon reagálnak a megváltozott szfingolipid metabolizmusra.

Az egyes állatfajokban FB₁ hatására kialakuló kórképek hátterét vizsgálva Ramasamy és mtsai. (1995) sertések tüdőartériájából izolált endothel sejtekben megváltozott barrier funkciót, fokozott albumin transzportot tapasztaltak. Gumprecht és mtsai. (2001) szintén számos sejtet vizsgáltak sertésben, juhban, nyúlban és patkányban, de FB₁ hatására csak a sertésben és csak az endothel sejtekben találtak transzport folyamat változást. Bouhet és mtsai. (2004) sertés bélhám- és vesehámsejt vonalakban vizsgálva a FB₁ hatását a toxint nem találta citotoxikusnak, de gátolta a proliferációt és befolyásolta a barrier funkciót. Csirke peritonealis makrofág sejteket FB₁-el inkubálva a citotoxikus hatás mellett megváltozott membránműködés miatt a toxin csökkent fagocitáló képességet eredményezett (Qureshi és Hagler, 1992). Minervini és mtsai. (2004) vizsgálatában 70 μM FB₁ apoptózist indukált humán erythroleukémia sejtekben. Szerintük a FB₁ citotoxikus hatása biztosan nem a membránkárosodásra volt visszavezethető. Véleményük szerint a humán vérsejtek érzékenyek mikotoxinokra, így alkalmasak azok sejttoxikus hatásának *in vitro* vizsgálatára.

A fluiditás (mikroviszkozitás) a sejtmembrán fiziko-kémiai jellemzői közé tartozik, amely befolyásolja a sejt működését (pl. transzport folyamatait), életképességét, növekedését, osztódását, a membránenzimek aktivitását, a sejt-sejt közötti kommunikációt stb. A membrán szerkezetének megváltozása kihat a mikroviszkozításra, amely befolyásolja az egyértékű ionok (pl. kálium) kiáramlását, azaz a membrán permeabilitását. A sejtmembrán permeabilitásának kialakításában jelentős szerepet kapnak annak lipid komponensei, így a szfingolipidek, foszfolipidek, a szabad koleszterin, a telített és a telítetlen zsírsavak aránya (*Chesney és mtsai.*, 1986; *Nelson*, 1972). A szfingolipideknek a membrán tulajdonságainak kialakításában betöltött szerepe, valamint a FB_1 hatásmechanizmusa ismeretében vált indokoltá annak vizsgálata, vajon a toxin hatására a szfingolipidek metabolizmusában bekövetkező változás kihat-e a membrán-fluiditásra, befolyásol-e bizonyos transzport folyamatokat.

Az FB_1 dózísának megválasztásakor az alábbi szakirodalmi adatokra hagyatkoztunk: citotoxikus és apoptózist indukáló hatás *in vitro* kimutatása (0,1–100 μ M koncentrációban) humán nyelőcső hámsejtekben (*Myburg és mtsai.*, 2002), pulyka limfocitákban (*Dombrink-Kurtzman*, 2003), humán colon hámsejt tenyészetben (*Schmelz és mtsai.*, 1998), apoptózis és proliferáció gátlás humán fibroblast, nyelőcső hámsejt és hepatocarcinoma sejtben (*Tolleson és mtsai.*, 1996), megváltozott barrier funkció, fokozott albumin transzport (*Ramasami és mtsai.*, 1995).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti minták

Az FB_1 toxin sejtmembránra, illetve annak fluoreszcens anizotrópiájára gyakorolt hatását több lépésben vizsgáltuk, melyhez humán és nyúl vörösvértesteket és azokból izolált szellemsejteket használtunk.

Egészséges nyúlból származó vörösvértest szellemsejtek („ghost”) vizsgálata

Első lépésben nyúl vörösvértestekből izolált szellemsejteket vizsgáltunk, melyeket emelkedő koncentrációjú (10, 50 és 100 μ M) tisztított (98%-os tisztaságú) fumonizin B_1 (Sigma-Aldrich, Steinheim, Németország) toxinnal inkubáltunk 37 °C-on egy órán át. Az inkubáció után a mintákat 20 percig 20.000 g-n centrifugáltuk, a ghostokat izotóniás „A” oldatban (Na-foszfát puffer, pH: 7,2) reszuszpendáltuk, majd a reszuszpendált szellemsejteket a későbbiekben leírt metodika szerint DPH fluoreszcens festékkel kijelöltük. A fluoreszcens anizotrópia méréseket három párhuzamosban végeztük. A fenti vizsgálatokat a negatív eredmény miatt megismételtük, 50 μ M fumonizin B_1 -el való 4 órás inkubációt követően.

Humán intakt vörösvérsejtek vizsgálata

A vörösvértestek membránkárosodásának érzékeny mutatója a sejtekben lévő egyértékű ionok passzív kiáramlása, ezért intakt vörösvértestekben megvizsgáltuk, hogy azokat 7 órán át tisztított 50 μ M FB_1 -el (Sigma-Aldrich, Steinheim, Németország) inkubálva emelkedik-e a kálium-ion kiáramlása.

Ezt a kísérletet szintén megismételtük, de magasabb toxinkoncentrációt (1 mM) és hosszabb inkubációs időt (24 h) alkalmazva. A hosszú inkubáció miatt az „A” oldatot 5 mM glukózzal egészítettük ki a sejtek életképességének megtartása érdekében.

FB_1 -el etetett nyulakból származó vörösvértest szellemsejtek vizsgálata

A kísérletsorozat harmadik lépéseként FB_1 toxinnal kezelt állatokból származó vörösvértesteket vizsgáltuk. A folyamatos toxinetetés 10. napján vért vettünk a

fülvénából, az alvadásában heparinnal gátolt vérből vörösvérsejt szellemsejteket készítettünk, és megmértük azok fluoreszcens anizotrópiáját.

Állatkísérlet

A kísérletben nyolc (négy kísérleti, T1–4 és négy kontroll, K1–4) Pannon Fehér kifejlett nyúl vett részt. A kísérleti állatok kukoricán elszaporított 500 mg/kg FB₁-et tartalmazó *Fusarium verticillioides* gombatenyészet szuszpenzióját kapták, nyelőcsőszondán keresztül, 10 napon át. Az állatok napi toxinterhelése 5 mg volt (napi kétszeri, egyenlő adagban elosztva). A kontroll állatok ugyanolyan mennyiségű toxinmentes darált kukorica szuszpenzióját kapták, ugyancsak nyelőcsőszondán keresztül. Az állatok az esti órákban *ad libitum* fogyaszthatták a termelésnek és életkornak megfelelő összetételű, kereskedelmi forgalomban kapható nyúltápot.

A 10. napon vért vettünk a fülvénából, az alvadásában heparinnal gátolt vérből vörösvérsejt szellemsejteket készítettünk. A vérplazmában meghatároztuk a vérszérum szabad SA és SO koncentrációját és kiszámítottuk azok arányát (SA/SO érték). A vérvételt követően az állatokat CO₂-os túllattatást követően elvégeztettük, majd elvégeztük kórboncolásukat. A makroszkóposan kóros elváltozást mutató szervekből vett mintákat 4%-os puffertolt formaldehid-oldatban rögzítettük, majd a paraffinba ágyazott szövetekből készített metszeteket hematoxilín-eozin festés után vizsgáltuk.

Laboratóriumi vizsgálatok

Vörösvértest szellemsejt („ghost”) preparátum készítése

A vörösvértest szellemsejteket (hemoglobinmentes sejtek) *Dodge és mtsai.* (1962) szerinti eljárással izoláltuk. Ehhez a heparinnal (100 IU/ml) alvadásgátolt vért 5 percig 3000 g-n centrifugáltuk (SORVALL RC-5), majd a felülúszót (plazmát) és a fehérvérsejtek alkotta „buffy coat-ot” pipettával leszívtuk. Ezután a vörösvértesteket háromszor izotóniás Na-foszfát puffertben (pH=7,2) mostuk, és a mosások alkalmával a sejteket 10 percig 3000 g fordulaton centrifugáltuk. A mosott vörösvértesteket ezután hipotóniás (20 mOsm) foszfátpuffertben (pH=7,2) 25 °C-on 10 percig lizáltuk, majd az így kapott preparátumot 20 percig 20.000 g-n centrifugáltuk. A kiülepitett szellemsejteket mindaddig a hipotóniás foszfátpuffertben mostuk tovább (általában ez 2–3 mosást jelentett), míg a szellemsejtek hemoglobin mentesekké, azaz „fehérré” váltak. A hemoglobinmentes szellemsejteket ezután izotóniás NaCl-oldatban (pH 7,2) szuszpendáltuk.

Fluoreszcens emissziós anizotrópia mérések

Az izotóniás NaCl-oldatban szuszpendált szellemsejteket fluoreszcens festékekkel, 100 μM DPH-val, 60 percen keresztül 37 °C-on inkubáltuk. Irodalmi adatokból ismert, hogy a DPH molekula hidrofób karaktere miatt a membránt alkotó kettős lipidréteg hidrofób magjába (domain) épül be. A DPH-val jelölt membránok fluoreszcens anizotrópia mérése a membrán fluiditásáról – mikroviszkozitásáról – illetve a DPH molekulák mozgási szabadságáról ad felvilágosítást.

A méréseket MPF-4 spectrofluorimeter (Hitachi, Japan) segítségével végeztük, 360 nm-es és 425 nm-es hullámhosszokat használva a gerjesztésre, illetőleg a detektálásra. A fluoreszcens anizotrópia értékeket a következő egyenlet alapján számoltuk: $r = (I_{vv} - GI_{vh}) / (I_{vv} + 2GI_{vh})$, ahol I_w és I_{vh} a vertikális polarizátorral és a vertikálisan vagy horizontálisan elhelyezett analízátorral mért fluoreszcencia intenzitásokat jelölik (*Donner és Stoltz*, 1985). Az optikai rendszer számára szükséges korrekciós faktort (G) az egyes anizotrópia mérések előtt meghatároztuk ($G = I_{hv} / I_{hh}$). A mintákból eredő zajt fluoreszcens festékekkel nem jelölt ghostok szuszpenziójával mértük.

Az intracelluláris kálium kiáramlásának mérése

A mosott intakt vörösvértesteket izotóniás A-oldatban 10%-os hematokrit mellett reszuszpendáltuk. A kontroll és kezelt sejteket ezután 37 °C-on inkubáltuk különböző időtartamban. Az egyes időpontokban a sejtuszpenzióból 200 µl mintát vettük, melyet 13000 g-vel centrifugáltunk (Eppendorf, Németország), majd a felülúszóból meghatároztuk az egyértékű ionkoncentrációt. Az egyértékű ionok mérését lángfotometriás módszerrel végeztük (EFOX-025, Eppendorf, Németország). Az ionkoncentrációt mmol/l mértékegységben fejeztük ki.

A szabad szfinganin és szfingozin meghatározása

Lezárható centrifugacsőben 1 ml vérszérumhoz 1,5 ml 0,8%-os KCl- és 50 µl 1 M KOH-oldatot mérünk, és 1 percig Vortex-szel keverjük. Utána 5 ml etil-acetáttal 30 percig extrahálunk. A csöveket centrifugába téve a szerves és vizes fázisokat elválasztjuk. A felső, etil-acetátos fázisból 4 ml-t mintatartó üvegcsébe pipetázunk, majd 60 °C-on, nitrogén gázáramban szárazra pároljuk. 100 µl MeOH-víz 9:1 elegyben visszaoldjuk, majd 50 µl OPA (orto-ftáldialdehid) oldatot adunk hozzá. Egy óra állás után injektálunk a HPLC kromatográfiás oszlopra. Az elválasztás izokratikus összetételű MeOH-víz 89:11 eluenssel történik. A szérum szfingozin és szfinganin tartalmát standard oldatok segítségével meghatározott kromatográfiás jellemzők felhasználásával állapítjuk meg. A mérést Shimadzu (Japán) HPLC rendszerrel, fluoreszcens detektorral végeztük (excitáció: 340 nm, emisszió: 455 nm), LiChrosorb RP 18 (Merck, Darmstadt, Németország) oszlopon (5 µm, 250x4 mm).

Statisztikai analízis

A statisztikai analízishez az SPSS v.10.0 programcsomagot használtuk, a kezelések közötti eltérést páros t-próbával, illetve varianciaanalízissel igazoltuk.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Égészséges nyúlból származó vörösvértest szellemsejtek fluoreszcens anizotrópiája

A fluoreszcens anizotrópia mérések célja a vörösvérsejt membrán fiziko-kémiai jellemzése volt, annak vizsgálata, hogy a FB₁ hatására megváltozik-e a sejtfelszíni fluiditás (ill. mikroviszkozitás). A fluoreszcens DPH festék a membrán belső hidrofób rétegébe (internal core) épül be. A mérés a festék molekula mozgásáról ad információt, amelyet számos tényező befolyásol. Így pl. alacsony koncentrációjú nem-ionos detergensnek megváltoztatják a membrán permeabilitását, nő a mikroviszkozitás, amit fokozott IC K-kiáramlás kísér. A változást a DPH anizotrópia értékek megfelelően jelzik (*Miseta és mtsai.*, 1995).

Az 1. táblázat adataiból kitűnik, hogy a növekvő (10–50–100 µM) koncentrációjú FB₁ nem okozott változást a szellemsejtek fluoreszcens anizotrópia értékeiben (r-értékek) 1 órás kezelést követően. Korábbi vizsgálatokban, ugyancsak egészséges nyulak vörösvérsejtjeiből készített szellemsejtjei esetében 0,189±0,001 átlag értéket mértek (*Kunszt*, 1998).

A negatív eredmény ismeretében újabb ghost-okat készítettünk, és a korábban alkalmazott 50 µM mennyiségű FB₁-gyel ismét inkubáltuk azokat, de hosszabb ideig, 4 órán keresztül. Látható, hogy az r-értékek kis mértékben ugyan (0,017–0,02), de szignifikánsan emelkedtek, még a FB₁-gyel nem kezelt csoport esetében is. A toxin négy órás inkubációt követően sem okozott változást az anizotrópia értékekben, a kontrollhoz (0 FB₁) képest. Az eredményekből az látszik, hogy az alkalmazott toxinkezelésnek nem volt szignifikáns hatása a szellemsejtek anizotrópia értékeire.

1. táblázat

Egészséges nyúlból származó szellemsejtek fluoreszcens anizotrópia értékei 1 és 4 órás, eltérő koncentrációjú FB₁-es kezelés után

Inkubációs idő (óra)	1		4		
FB ₁ (μM)	10	50	100	0	50
átlag	0.195 ^a	0.196 ^a	0.194 ^a	0.214 ^b	0.213 ^b
±SD	0.003	0.006	0.008	0.005	0.006

n=9 minden vizsgálatban (*n=9 in all trials*); ^{a,b} P<0,05 szinten szignifikáns különbség (^{a,b} significant difference at the level of P<0,05)

Fluorescence anisotropy values of ghost cells from healthy rabbits after treatment with FB₁ of different concentrations for 1 or 4 hours

Humán intakt vörösvérsejtek vizsgálata

Az egyértékű ionok sejten belüli koncentrációja szigorúan szabályozott és állandó. A humán vörösvérsejtek a nyúléhoz hasonlóan HK (high potassium type) típusúak, azaz intracellulárisan (IC) magas K- és alacsony Na-szinteket találunk, szemben pl. a kérődzőkben és a ragadozóknak is fellelhető LK („low potassium type”) vörösvérsejtekkel. Az ion polimorfizmus – a K és Na különbözősége – fajok között és fajokon belül is megfigyelhető, de a plazma K és Na értékeiben ez nem jelent eltérést (*Wheatley és mtsai.*, 1994) azaz, a plazmában LK típusú fajok esetében is alacsony a K- és magas a Na-koncentráció.

Miután a szfingolipidek a sejtmembrán alkotói, és befolyásolják a transzport folyamatokat, feltételeztük, hogy a FB₁ hatására megváltozott szfingolipid metabolizmus mérhetően csökkenti, vagy emeli az egyértékű anionok kiáramlását.

A fumonizin B₁-gyel kezelt humán intakt vörösvérsejtekből való egyértékű ionkiáramlás mértékének változását az extracellulárisan mért Na- és K-ion koncentrációk alapján vizsgáltuk. Az 1. vizsgálatban, 50 μM FB₁-el 7 órán keresztül tartó inkubáció hatására az EC tér Na-ion koncentrációja 147,5–149,2 mmol/L, míg K-ion koncentrációja 0,04–1,64 mmol/L között változott. A mért koncentrációk sem a referenciaként használt A-oldattól, sem pedig a kiindulási nulla órás értékektől nem különböztek jelentősen és szignifikánsan.

Az eredmény ismeretében, magasabb toxinkezelést és hosszabb inkubációs időt követően megismételtük a vizsgálatot. Ez mindkét ion koncentrációja esetében kismértékű emelkedést eredményezett az EC térben, azonban ezek változása ugyancsak nem tekinthető számottevőnek és nem volt szignifikáns.

Az EC tér fiziológiás Na- és K-koncentrációja 135–155, illetve 3,5–5,5 mmol/L között változik (*Gál*, 1999). Ehhez képest a 24 órás, 1 mM FB₁-el való inkubáció eredményezett kis mértékű Na-kiáramlás emelkedést (182,4–190,6 mmol/L), míg a K-kiáramlás nem emelkedett a fiziológiás határérték fölé (max. konc.: 3,8 mmol/L).

Fumonizin B₁ expozíció hatása nyulakban

Klinikai tünetek

A kísérlet alatt egy állat (T1) nem vagy csak kevés takarmányt fogyasztott, a 8. napon bekövetkező elhullást megelőző időszakban már bágyadt volt. Egy másik állat (T2) a kísérlet utolsó napján (10. nap) mutatott tüneteket (bágyadt volt, ingerekre nem reagált).

Kórbonctani, kórszövettani elváltozások

Boncoláskor a toxinnal etetett nyulakban talált elváltozások alátámasztották azokat az irodalmi adatokat, amelyek szerint nyúlban a toxin célszerve a máj és a vese. Jellemző elváltozás volt a máj megnagyobbodása, fakó színe, esetenként szakadékonysága, valamint a vese fakóvá válása. Kórszövettanilag a májban elfajulás, zsíros infiltráció és magános májsejt elhalás, a vesében pedig a tubulusok elhalása volt megfigyelhető.

A szérum SA/SO értéke

A szérum szabad szfinganin koncentrációjának megemelkedése a szabad szfinganin és szfingozin arányának (SA/SO) emelkedését eredményezi. Ez a paraméter a FB₁ toxikózis legérzékenyebb és legspecifikusabb biomarkereként ismert, ami már korán, a toxinhatás kezdetét követően néhány napon (5–8 nap) belül jelzi a károsító hatást (Riley és mtsai., 1993). Egészséges állatokban a szfingozin mennyisége nagyobb, amit a <1 SA/SO értéke jelez. FB₁ hatására a szfinganin felhalmozódása miatt emelkedik a SA/SO, értéke >1 lesz.

Kísérletünkben a 10 napos FB₁ etetést követően, az állatok elvezetésével vett vérmintában mértük a szabad szfingoid bázisok koncentrációját. A toxin hatását egyértelműen jelezte a szfinganin koncentrációjának többszörösre való emelkedése, a kezelt nyulak (1,72±0,22) vérplazmájának kontrollhoz (0,38±0,10) képest szignifikánsan (P<0,5) nagyobb SA/SO értéke.

A szellemsejtek fluoreszcens anizotrópiája

A toxinnal kezelt nyulak vörösvérsejtjeiből készült szellemsejtek anizotrópiája hasonló értékeket mutatott, mint az egészséges nyulakból származóké 4 órás inkubációt követően (2. táblázat). A kísérleti állatokban a membrán mikroviszkozitására utaló paraméterben láthatóan nem volt eltérés a kontrollhoz viszonyítva. Megállapítható tehát, hogy a FB₁ 10 napos *in vivo* kezelés hatására sem okozott változást a vizsgált paraméterben.

2. táblázat

A kontroll és a kezelt nyulakból származó szellemsejtek fluoreszcens anizotrópiája (n=4, átlag±SD)

	Kontroll (n=4)	Kezelt (n=4)
Anizotrópia (r)	0,213±0,007	0,212±0,009

Table 2: Fluorescence anisotropy of ghost cells from control and experimental rabbits (n=4, mean±SD)

KÖVETKEZTETÉSEK

A plazmamembrán fiziko-kémiai tulajdonságai szorosan összefüggnek a K-ionok permeabilitásával. Így nem meglepő, hogy a FB₁ hatására változást nem mutató DPH anizotrópia mellett az egyértékű kationok kiáramlásában sem találtunk toxinhatásra kialakuló változást.

Az *in vitro* kísérletek negatív eredményei felvetették azt, hogy a toxinnak a szfingolipidek forgalmát megzavaró hatása *in vivo* zajlik le, és a káros hatás kialakulásához hosszabb időre (napok) van szükség. Ezért végeztük el az állatetelési kísérletet, amelynek során a 10 napos magas dózisú (5 mg/nap/állat) toxin bevitellel előidézünk nyúlban a FB₁ toxikózist. A toxinhatást a kórbonctani és kórszövettani vizsgálat, valamint a biomarker (SA/SO) jellemző változása megerősítette. A FB₁

kifejtette hatását a szfingolipidek metabolizmusára, megnőtt a szabad szfinganin mennyisége, amit a SA/SO emelkedése jelzett. Ez a változás azonban nem hatott ki a vörösvérsejtek membránjának a vizsgált paraméterekben mérhető működésére.

Összefoglalva megállapítható, hogy a FB₁, *in vitro* és *in vivo* körülmények között vizsgálva, az alkalmazott dózisokban nem volt hatással az ember és a nyúl vörösvérsejtjeinek fiziko-kémiai tulajdonságaira. A toxinhatásra *in vivo* a szfingolipid metabolizmusban kialakult a jellemző károsodás, amit a szignifikánsan megemelkedett SA/SO értékek jeleztek. Mindennek azonban nem volt hatása a vörösvérsejtek membránjának vizsgált tulajdonságaira.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást támogató projektek: Oktatási Minisztérium (NKFP 4/024/2004), TÉT Alapítvány (ZA-28/2006).

IRODALOM

- Blumberg, P.M., Ács, G., Ács, P. (1995): Protein kinase C in cell signaling: strategies for the development of selective inhibitors. *Inflammation: mechanism and therapeutics*. Birkhauser Verlag, Basel, 87-100.
- Bouhet, S., Hourcade, E., Loiseau, N., Fikry, A., Martinez, S., Roselli, M., Galtier, P., Mengheri, E., Oswald, I.P. (2004): The mycotoxin FB₁ alters the proliferation and the barrier function of porcine intestinal epithelial cells. *Toxicol. Sci.*, 77. 1. 165-171.
- Chesney, R.W., Gusowski, N., Zelikovi, I. (1986): Membrane fluidity and phospholipid composition in relation to sulfur amino acid intake in brush border membranes of rat kidney. *Pediatr. Res.*, 20. 1305-1309.
- Dodge, J.T., Mitchel, M., Hanahan, D.J. (1962): The preparation and chemical characteristics of Hb-free ghosts of human erythrocytes. *J. Biol. Chem.*, 34. 119-130.
- Dombrink-Kurtzman, M.A. (2003): Fumonisin and beauvericin induce apoptosis in turkey peripheral blood lymphocytes. *Mycopathol.*, 156. 4. 357-364.
- Donner, M., Stoltz, J.F. (1985): Comparative study on fluorescent probes distributed in human erythrocytes and platelets. *Biorheology*, 22. 385-397.
- Gaál T. szerk. (1999): Állatorvosi klinikai laboratóriumi diagnosztika. Sík Kiadó : Budapest, 1-490.
- Gumprecht, L.A., Smith, G.W., Constable, P.C., Haschek, W.M. (2001): Species and organ specificity of fumonisin-induced endothelial alteration: potential role in porcine pulmonary edema. *Toxicol.*, 160. 71-79.
- Kunszt G. (1998): Egyértékű kationok transzport mechanizmusai és azok fiziko-kémiai háttere emlős erythrocytáknak. *Rektori Pályamunka, PTE, Pécs*, 1-36.
- Minervini, F., Fornelli, F., Flynn, K.M. (2004): Toxicity and apoptosis induced by the mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol and fumonisin B₁ in a human erythro-leukemia cell line. *Toxicol. In Vitro*, 18. 1. 21-28.
- Miseta, A., Bogner, P., Szarka, Á., Kellermayer, M., Galambos, Cs., Wheatley, D.N., Cameron, I.L. (1995): Effect of non-lytic concentrations of brij series detergents on the metabolism-independent ion permeability properties of human erythrocytes. *Biophys. J.*, 69. 2563-2568.
- Myburg, R.B., Dutton, M.F., Chuturgoon, A.A. (2002): Cytotoxicity of fumonisin B₁, diethylnitrosamine and catechol on the SNO esophageal cancer cell line. *Environ. Health Persp.*, 8. 813-815.

- Nelson, G.J. ed. (1972): Lipid composition and metabolism of erythrocytes, blood lipids and lipoproteins: quantitation, composition and metabolism. John Wiley and Sons Inc., 318-348.
- Qureshi, M.A. and Hagler, W.M. (1992): Effect of fumonisin B₁ exposure on chicken macrophage functions in vitro. *Poult. Sci.*, 71. 104-112.
- Ramasamy, S., Wang, E., Henning, B., Merrill, A.H. (1995): Fumonisin B₁ alters sphingolipid metabolism and disrupts the barrier function of endothelial cells in culture. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 133. 343-348.
- Riley, R.T., An, N.H., Showker, J.L., Yoo, H.S., Norred, W.P., Chamberlain, W.J., Wang, E., Merrill, A.H., Motelin, G., Beasley, V.R., Haschek, W.M. (1993): Alteration of tissue and serum sphinganine to sphingosine ratio: An early biomarker of exposure to fumonisin-containing feeds in pigs. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 118. 105-112.
- Riley, R.T., Wang E., Merrill, A.H. Jr. (1994): Liquid chromatographic determination of sphinganine and sphingosine: Use of the free sphinganine-to-sphingosine ratio as a biomarker for consumption of fumonisins. *J. Assoc. Off Anal. Chem. Int.*, 77. 533-540.
- Schmelz, E.M., Dombrink-Kurtzman, M.A., Roberts, P.C., Kozutsumi, Y., Kawasaki, T., Merrill, A.H. Jr. (1998): Induction of apoptosis by fumonisin B₁ in HT29 cells is mediated by the accumulation of endogenous free shingoid bases. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 148. 2. 252-260.
- Shier, W.T. (1992): Sphingosine analogues: an emerging new class of toxins that includes the fumonisins. *J. Toxicol. Toxin Rev.*, 11. 241-257.
- SPSS Inc 1996. SPSS for Windows, Version 7.5, Chicago, IL.
- Tolleson, W.H., Melchior, W.B.Jr., Morris, S.M., McGarrity, L.J., Doman, O.E., Muskhelishvili, L., James, S.J., Howard, P.C. (1996): Apoptotic and anti-proliferative effects of fumonisin B₁ in human keratinocytes, fibroblasts, esophageal epithelial cells and hepatoma. *Carcinogenesis*, 17. 2. 239-249.
- Wang, E., Ross, P.F., Wilson, T.M., Riley, R.T., Merrill, A.H. Jr. (1992): Increases in serum sphingosine and sphinganine, and decreases in complex sphingolipids in ponies given feed containing fumonisins, mycotoxins produced by *Fusarium moniliforme*. *J. Nutr.*, 122. 1706-1716.
- Wheatley, D.N., Miseta, A., Kellermayer, M., Galambos, Cs., Bogner, P., Berényi, E., Cameron, I.L. (1994): Cation distribution in mammalian red blood cells: interspecies and intraspecies relationships between cellular ATP, potassium, sodium and magnesium concentrations. *Physiol. Chem. Phys. and Med.*, 26. 111-118.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Kovács Melinda

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar

7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

University of Kaposvár, Faculty of Animal Sciences

H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.

Tel.: 36-82-505-970, Fax: 36-82-82-505-970

e-mail: kovacs.melinda@ke.hu



Különböző takarmányadagok hatása a kősüllő (*Sander volgensis* Gmelin 1788) növekedésére és testösszetételére intenzív nevelés mellett

Szabó¹ G., Müller² T., Molnár¹ T., Sudár¹ G., Zakes³, Z., Hancz¹ Cs.

¹Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kaposvár, 7400 Guba Sándor u. 40.

²Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Gödöllő, 2103 Páter Károly u.1.

³Stanislaw Sakowicz Inland Fisheries Institute, Department of Aquaculture, 10-719 Olsztyn, Poland, Oczapowskiego 10.

ÖSSZEFOGLALÁS

A hathetes kísérletben 84 kősüllőt telepítettünk recirkulációs rendszerben üzemelő akváriumokba. A vizsgálat során egy 11,5% nyerszsír-, és 45% nyersfehérje-tartalmú haltáppal naponta egy alkalommal etettünk három különböző napi mennyiségben, a halbiomassza 1%, 2% és 3%-ában. A kísérlet végén csoportonként három egyedet laboratóriumba küldtünk a testösszetételük meghatározására. A takarmányértékesítés 0,85–0,90 g/g között alakult. A takarmányadagoknak a termelési paraméterek közül jelentős hatása volt a növekedési sebesség és a takarmánypazarlás értékeire. A teljестest összetételére azonban a különböző takarmányozási szintnek nem volt statisztikailag igazolható hatása ($P=0,05$). Megállapítottuk, hogy a kősüllő esetében, egynyaras korban a halbiomassza 1,5–2% körüli napi takarmányadaggal érhető el a legjobb növekedés. (Kulcsszavak: kősüllő, intenzív nevelés, eltérő takarmányadagok, növekedés, testösszetétel)

ABSTRACT

The effect of different daily rations on the growth and total body composition of Volga pikeperch (*Sander volgensis* Gmelin 1788) under intensive culture conditions

G. Szabó¹, T. Molnár¹, T. Müller², G. Sudár¹, Z. Zakes³, Cs. Hancz¹

¹Kaposvár University, Faculty of Animal Science Kaposvár, H-7400 Guba S. str. 40

²Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Gödöllő, H-2103 Páter K. str. 1

³Stanislaw Sakowicz Inland Fisheries Institute, Department of Aquaculture, 10-719 Olsztyn, Poland, Oczapowskiego 10.

In the 6-week-long experiment 84 Volga pikeperch were introduced into the aquarium system working in a recirculation system. During the experiment the fish were fed a commercial pelleted fish feed once a day. The crude fat content of the feed was 11.5% and the crude protein content was 45%. During the experiment the feed was given to the fish in different amounts: the daily rations were 1%, 2% and 3% of the fish biomass. At the end of the experiment, samples of whole body of three fish by treatment were sent to the laboratory to determine the proximate chemical body composition. Feed conversion ratio showed values of 0.85–0.90 g/g. The amount of daily rations had a significant effect on the specific growth rate (S.G.R.) and on the amount of waste feed ($P<0.05$), but no significant effect on the body composition. According to the results of this experiment the most suitable daily ration for the one-year old Volga pikeperch should be settled around 1.5–2% of fish biomass.

(Keywords: Volga pikeperch, feed ration, growth, body composition)

BEVEZETÉS

Napjainkban az akvakultúra rendkívül jelentős mezőgazdasági ágazat; a halászat több mint 15%-át adja az emberiség összes állati fehérje fogyasztásának (HOSZ, 2007). A gyors ütemben növekvő emberiség tápanyagigényének kielégítésén túl az akvakultúra szerepe a takarmány alapanyag előállításban, a horgászhal termelésen keresztül a rekreációban és a természetes vizek halállományainak visszapótlásával a természetvédelemben is megkérdőjelezhetetlen. Az említett igények kielégítésére az intenzív halnevelő rendszerek száma és az ott megtermelt halmennyiség az utóbbi években világszerte nőtt (Pintér, 2006).

A fogassüllő (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758), mely gazdasági szempontból legértékesebb faja a hazai halfaunánknak, hagyományos hala a tógazdasági termelésnek, de új alanya az iparszerű, intenzív rendszerű halhús-előállításnak (Rónyai és Németh, 2006). Bár a kősüllő (*Sander volgensis* Gmelin, 1788) növekedési erélye elmarad a süllőtől, húsa kitűnő minőségű, nagyobb testű rokonával egyező értékű. Gazdasági jelentősége nem számottevő, természetvédelmi szempontból azonban nagy hasznot hajt azzal, hogy a gyorsan szaporodó békés, illetve az invazív halfajok ivadékát és kistestű példányait szívesen fogyasztja. Állománya az utóbbi években jelentősen csökkent, Európa több országában a sebezhető fajok között tartják számon (Holcik, 2003). A faj hazai állománya a Balatonban az 1990-es évekre ugyancsak visszaesett (Specziár és Bíró, 2002). *Specziár és mtsai.* (2000) felmérése alapján a kősüllő részaránya a balatoni halfaunán belül, jóval 1% alatt van. A jövőben tehát hazánkban szükségessé válhat a faj fokozottabb védelme, illetve tenyésztésből származó kihelyezésekkel kellene a jelentős horgász- és halászfogások „vesztéseit” pótolni (Tahy, 1996). A kősüllő tenyésztésénél az első lépést a mesterséges szaporítás jelenti, amit magyar kutatók sikeresen alkalmaztak (Müller és mtsai., 2005; Bokor és mtsai., 2007).

A fogassüllő domesztikációjánál segítséget jelenthet a közeli rokon fajjal, a kevésbé érzékeny kősüllővel való keresztezése. Magyar kutatóknak sikerült létrehozniuk a süllő és a kősüllő életképes hibridjét (Müller és mtsai., 2004). Ez az eredmény, valamint az a tény, hogy a kősüllő intenzív körülmények között nevelhető, mesterséges takarmányokra könnyen átszoktatható, a kősüllőt is a vizsgálódás homlokterébe helyezheti (Bercsényi és mtsai., 2001; Molnár és mtsai., 2004). Míg az intenzív rendszerekben történő süllőneveléssel kapcsolatban számos szakirodalmi közlést találunk, addig a kősüllő hasonló aspektusból történő vizsgálatáról alig van tudományos publikáció. Molnár és mtsai. (2004) megállapították, hogy a telepítési sűrűségnek (1,25; 1,66 és 2,08 g/l) nincs statisztikailag igazolható hatása e faj esetében a termelési paraméterek alakulására. A Kaposvári Egyetemen különböző növényiolaj-tartalmú tápok hatását vizsgálták a kősüllő növekedésére, testösszetételére, illetve a filé zsírsavösszetételére. A kősüllő a szója-, repce- vagy napraforgóolajat tartalmazó takarmányok mindegyikét szívesen fogyasztotta, jó növekedési (S.G.R.: 1,07–1,16%/nap) és takarmányértékesítési (0,97–1,15 g/g) eredményeket produkálva (Szabó és mtsai., 2008).

A sügérfélék családján belül az egyes fajok igényeihez illeszkedő, „testre szabott” tápok, és takarmányozási módszerek kidolgozása az egyik legfontosabb jelenlegi feladat. Míg a szakirodalomban a fogassüllő számára megfelelő takarmánymennyiségre számos ajánlást fogalmaztak meg, általában a halbiomassza 0,25–5%-a közötti értékekkel (Jankowska és mtsai., 2003; Schultz és mtsai., 2005; Zakes, 2003; Zakes és mtsai., 2006), addig a kősüllőnél nem találunk ajánlást erre vonatkozóan. A magas takarmányár, illetve a jelentős takarmány pazarlás megkívánja, hogy a szükséges napi takarmányadagot a sügérféléknél is minél pontosabban meghatározhassuk.

Jelen tanulmányban célunk volt a kősüllő intenzív rendszerben történő nevelése mellett különböző napi takarmányadagok hatásának vizsgálata a halak növekedésére, takarmányértékesítésére, illetve a teljestest összetételére vonatkozóan.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti állomány

A kísérletet a Kaposvári Egyetem, Állattudományi Karának Hallaboratóriumában végeztük. A vizsgált egynyaras (0+) kősüllőt a Balatonban, a Keszthelyi-öbölben húzóhálóval fogtuk több, egymást követő alkalommal.

A laboratóriumunkba beérkezett halakat 5 perces sós fertőtlenítő fürdetést követően helyeztük el 400 literes üvegmedencékben. A tápraszkotatás 10–15 napot vett igénybe, melynek során vágott tubifex (*Tubifex tubifex*, Müller, 1774) és haltáp (47% nyersfehérje és 11,5% nyerszsír) keverékével *ad libitum* takarmányoztunk. Az élő eleség arányát napról-napra csökkentettük.

Tartási körülmények, környezeti tényezők

Kísérletünket, a tápra történő átszkotatást követően, egy 2600 liter összterfogatú, recirkulációs rendszerben végeztük. A kísérleti blokk 30 darab 65 literes (33×30×60 cm) akváriumból, valamint három egymáshoz kapcsolódó, egyenként 200 literes tartályból, továbbá a rendszer elemeit összekötő, UV-szűrővel ellátott műanyag csőből állt. A tartályok közül kettőt mechanikai szűrés céljából felületnövelő anyaggal (apró kavics, szivacs) láttunk el, a harmadik, ülepítő tartályba szűrőanyag nem került. Az egyedileg szellőztetett üvegmedencék mindegyikében külön-külön csapról biztosítottuk a folyamatos, 1,5–2 liter/perc sebességű vízátfolyást. Az akváriumokból a felesleges vízmennyiség túlfolyón távozott a szűrő kádakba.

A kísérlet alatt minden akváriumból gumicsővel napi egy alkalommal leszívtuk az el nem fogyasztott takarmányt, illetve az üledéket. Az eltávolított napi vízmennyiség a teljes víztérfogat mintegy 5%-át tette ki, melyet a tartályokba a tisztítást követően csapvízzel visszapóltunk.

A vizsgálat ideje alatt a hőmérsékletet naponta egyszer, az esti órákban mértük laboratóriumi vízhőmérő segítségével ($\pm 0,1$ °C). A többi vízminőségi tényezőt, azaz a pH-t és a vezetőképességet (Watercheck pH és EC Meter, Hanna Instruments, Germany), oxigén-, (HI 93732 N Spectrophotometer, Hanna Instruments, Germany) ammónia-, nitrit-, nitrát- illetve foszfátszintet (fotometriás módszer, Filter Photometer pF-10, Visicolor, Macheney-Nagel, Germany) heti egy alkalommal (0., 7., 14., 21., 28., 35., 42. napokon) határoztuk meg (1. táblázat).

1. táblázat

Vízminőségi paraméterek alakulása a kísérlet folyamán (átlag \pm SD)

Hőmérséklet (°C) (1)	pH	Vezetőképesség (μ S/cm) (2)	O ₂ (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
21,9 \pm 1,3	7,8 - 8,0	415 \pm 15	6,1 \pm 0,7	0,19 \pm 0,25	0,04 \pm 0,02	2,28 \pm 1,0	1,86 \pm 0,79

Table 1 Parameters of the water quality in the experiment (mean \pm SD)

Temperature (1), Conductivity (2)

A kísérletek alatt sem mesterséges megvilágítást, sem sötétítést nem alkalmaztunk. Az akváriumrendszert közvetlen fénytől védett helyen állítottuk fel, ahol a fényerősség napközben 10–30 lux körül alakult.

Kísérleti elrendezés, halállomány, etetés

A kísérletben akváriumonként 7–7, összesen 84, átlagosan 18,1±4,4 g (átlag±SD) testtömegű és 109,8±8,0 mm standard testhosszúságú kősüllőt telepítettünk. A halak átlagos kondíciófaktora 1,34±0,10 volt.

A hathetes ciklus alatt a takarmányt kezelésként három különböző napi mennyiségben, a halbiomassza 1%, 2% illetve 3%-ában (1,3 g/nap; 2,6 g/nap és 3,9 g/nap) kínáltuk fel, 4–4 akváriumban. Az adagok nagyságát irodalmi adatok (*Zakes és mtsai.*, 2001, 2004), illetve saját korábbi eredményeink (*Szabó és mtsai.*, 2006) alapján jelöltük ki. A kísérletben a halakat a Screttings norvég takarmánygyártó cég által forgalmazott 2,8 mm-es szemcseméretű, komplett tengeri haltáppal (nevelő 3) etettük. A sügérfélék számára ideálisnak tartott nyersfehérje (47%) és nyerszsír (11,5%) mennyiséget tartalmazó tápot naponta egy alkalommal (délelőtt 10 órakor) kézzel, szemenként kínáltuk fel (2. táblázat).

2. táblázat

A kísérletben etetett takarmány összetétele és néhány fontosabb jellemzője

Paraméterek (1)	Értékek (2)
Szárazanyag (%) (3)	90,3
Nyersfehérje (%) (4)	47
Nyerszsír (%) (5)	11,5
Nyersrost (%) (6)	1,7
Nyershamu (%) (7)	9,5
Emészthető energia (MJ/kg) (8)	16
Szemcseméret (mm) (9)	2,8

Table 2 The proximate composition and some important parameters of the experimental feed

Parameters(1), Values(2), Dry matter(3), Crude protein(4), Crude fat(5), Crude fibre(6), Crude ash(7), Digestible energy(8), Pellet diameter(9)

Mérés, adatfelvétel és kiértékelés

A vizsgálati ciklus elején és végén megmértük a halak testtömegét és standard testhosszát. A tömegmérést vízzel teli tálban egy Sartorius© mérleg segítségével 0,01 g pontossággal, míg a hosszmerést ugyancsak vízben, 1 mm pontossággal végeztük. A vízben történő mérések lehetővé tették, hogy az érzékeny állományt gyorsan, a nagy kockázati tényezőként számon tartott altatószerek alkalmazása nélkül kezeljük.

Vizsgálataink megkezdésekor és a befejezésekor meghatároztuk a halak átlagos kondíciófaktorát, melyet az alábbi képlettel számítottunk:

$$K=W \times L^{-3} \times 100,$$

ahol W a testtömeget (g), L a testhosszt (cm) jelöli.

Az átlagos tömeggyarapodás (g/nap) és hossznövekedés (mm/nap) mellett a halak növekedési sebességét (S.G.R.) az alábbi egyenlet alkalmazásával számítottuk ki:

$$\text{S.G.R. (\%/nap)} = (\ln W_t - \ln W_i) / t \times 100,$$

ahol W_t a befejező, W_i az induló testtömeget (g), t az eltelt időt (nap) jelöli.

Napi rendszerességgel mértük a beetetett takarmány mennyiségét (g), illetve meghatároztuk a takarmány pazarlást (g) is. A beetetett takarmány mennyiségéből kivonva a pazarlást megkaptuk a takarmányfogyasztást (F; g). Az etetést követő tisztítás alkalmával akváriumonként eltávolítottuk, majd megszámláltuk az aljzaton maradt tápszemeket, az átlagos szemtömeggel (0,04 g/szem) beszorozva ezt a mennyiséget megkaptuk a napi pazarlás mértékét. A takarmányértékesítést (FCR; g/g) az elfogyasztott összes takarmány (g) és a tömeggyarapodás (g) hányadosaként számoltuk. A kísérlet végén kezeléenként 3–3 halat túllattantunk, majd darabolást követően a haltesteket turmixgép segítségével homogenizáltuk. A mintákat -18 °C-on tároltuk a kémiai analízis elvégzéséig. A teljesebb kémiai vizsgálatát az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetben végezték. A szárazanyag-tartalom meghatározása 50 °C-on és 13,3 kPa vákuumon való szárítást követően történt. Szárító közegként vízmentes kalcium-kloridot használtak. Tizenhat óra után a vákuumot 0,2 kPa-ra csökkentették, és a mintákat négyóránként megmérték, tömegállandóságig. A nitrogéntartalmat a mintákból Kjeldahl analízissel határozták meg az (ISO 5983 /1997/) alapján. A nyerszsírt a fagyasztva szárított minták petroléteres extrakciójával, majd az extraktum 103 °C-on tömegállandóságig való szárításával állapították meg (ISO 6492 /1985/). A hamutartalmat a szárított minták égetőkemencében 550 °C-on történő elhamvasztásával kapták (ISO 5984 /1978/).

Statisztikai adatfeldolgozás

A statisztikai kiértékelést SPSS for Windows 10.0 programcsomag segítségével végeztük el. A növekedés, a takarmányfogyasztás és takarmányértékesítés, továbbá a testösszetétel esetében a kezeléshatást egytényezős varianciaanalízissel értékeltük. Az analízis során a Tukey post hoc tesztet futtattuk le, $P=0,05$ -os szignifikanciaszinten. Mivel egyedi jelölést nem alkalmaztunk, ezért a növekedés, a tömeggyarapodás, a takarmányértékesítés, a takarmányfogyasztás és a takarmány pazarlás esetében akváriumátlagokkal számoltunk.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A kísérlet alatt nem volt elhullás, a kősüllők a felkínált takarmányt szívesen fogyasztották. Az induló-, illetve befejező testtömeget vizsgálva megállapítottuk, hogy a halak a kísérlet 6 hete alatt 50,0; 73,3 illetve 69,7%-os tömegnövekedést produkáltak, a takarmányadag növekedésének (1, 2, 3%) sorrendjében. Ezek az eredmények alig térnek el *Zakes és mtsai.* (2006) által fogassüllőnél megfigyelt értékektől (75–80%), de jelentősen meghaladják korábbi vizsgálatainkban süllőnél tapasztaltakat (22–34%) (*Szabó és mtsai.*, 2006). A halak kondíciója csökkent a kiindulási értékhez képest az 1%-os csoportban ($K_z=1,28\pm 0,09$; $K_i=1,37\pm 0,09$). A záró kondíció faktor tekintetében az 1 és a 2%-os kezelések átlagértékei között szignifikáns különbséget kaptunk ($P=0,043$) (3. táblázat).

A tömeggyarapodás a halbiomassza 2%-ában takarmányozott csoportokban bizonyultak a legjobbknak, tehát a kősüllő esetében csakúgy, mint a fogassüllőnél (*Szabó és mtsai.*, 2006) nem a legintenzívebben táplált csoport adta a legjobb eredményeket. A

tömeggyarapodásban az 1% és a 2% kezelés között szignifikáns különbség volt ($P=0,027$). Eredményeink a (átlagosan 0,21–0,31 g/nap) elmaradtak *Molnár és mtsai.* (2004) által kősüllőnél (átlagos indulótömeg: 22 g/egyed) tapasztalt 0,50–0,55 g/nap mértékű gyarapodástól. *Zakes és mtsai.* (2006) 20 g-os indulótömegű, táppal etetett fogassüllőknél 0,29–0,30 g/nap tömeggyarapodási eredményeket kapott, ami meg-
egyezik az általunk tapasztalt értékekkel.

3. táblázat

Az eltérő takarmányadagok hatása a kősüllő növekedésére és takarmányhasznosítására

Paraméterek (1)	n	Kezelés (2)			P érték (3)
		1%	2%	3%	
Induló testtömeg (g) (4)	84	18,4±4,3	18,2±5,0	17,7±4,2	NS
Záró testtömeg (g) (5)	84	27,1±5,4	31,2±9,4	30,0±9,9	NS
Induló testhossz (mm) (6)	84	109,8±8,2	110,6±7,5	108,9±8,4	NS
Záró testhossz (mm) (7)	84	127,8±9,3	131,4±11,7	129,9±12,3	NS
Induló kondíciófaktor (Ki) (8)	84	1,37±0,09	1,32±0,11	1,35±0,09	NS
Záró kondíciófaktor (Kz) (9)	84	1,28±0,09 ^a	1,34±0,07 ^b	1,32±0,10 ^{ab}	0,043
Növekedés* (mm/nap) (10)	4	0,43±0,03	0,49±0,09	0,50±0,06	NS
Testtömeggyarapodás (g/nap)* (11)	4	0,21±0,01 ^a	0,31±0,06 ^b	0,29±0,06 ^{ab}	0,027
Takarmányfogyasztás (g/akvárium)* (12)	4	53,3±0,8 ^a	77,4±15,1 ^b	76,7±8,8 ^b	0,013
Takarmány pazarlás (g/akvárium)* (13)	4	1,00±0,9 ^a	31,8±15,1 ^b	87,1±8,8 ^c	<0,001
Takarmányértékesítés (g/g)* (14)	4	0,89±0,05	0,85±0,02	0,90±0,07	NS

^{a,b,c}: a sorokban azonos betűvel jelölt átlagok között nincs szignifikáns különbség ($P>0,05$), (means in a row lacking common superscripts are not significantly difference) NS: nincs szignifikáns különbség (no significant difference); * Akváriumátlagok (7 hal/akvárium) (Calculated for seven fish/aquarium); 1%, 2%, 3%: takarmányozási szintek a halbiomassza arányában (the daily feed allowance as the ratio of fishbiomass)

Table 3 Effects of different daily rations on growth and feed conversion

Parameters(1), Treatment(2), P-value(3), Initial body weight(4), Final body weight(5), Initial body length(6), Final body length(7), Initial condition factor(8), Final condition factor(9), Growth (mm day^{-1})(10), Weight gain (g day^{-1})(11), Feed consumption (g aquarium^{-1})(12), Feed loss (g aquarium^{-1})(13), Feed conversion (g g^{-1})(14)

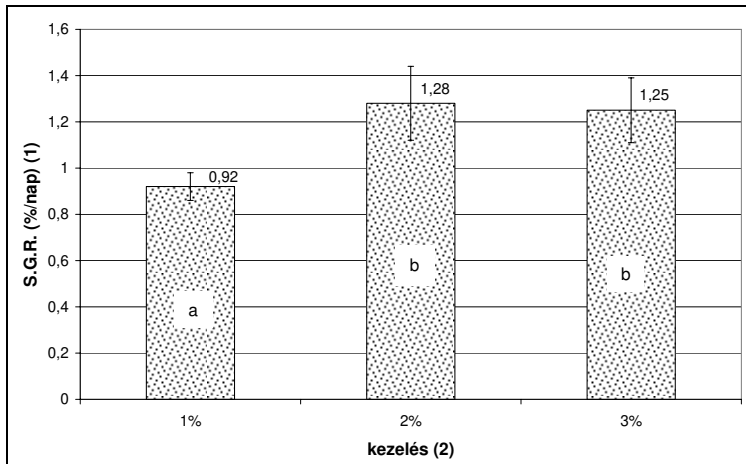
Intenzív nevelés mellett jónak mondható a 0,92–1,28%/nap S.G.R. eredmény, bár az általunk kapott értékek elmaradtak *Molnár és mtsai.* (2004) intenzív körülmények között nevelt kősüllőnél elért S.G.R. értékektől (1,54–1,72%/nap), ezzel szemben fogassüllőnél korábban csak 0,44–0,77%/nap átlagértékeket figyeltünk meg hasonló kísérleti beállítás és indulótömeg esetén (*Szabó és mtsai.*, 2006). Az 1%-os csoportokhoz képest a másik két kezelés S.G.R. eredményei szignifikáns különbséget mutattak (1. ábra).

A takarmányértékesítésben a kezeléseik között szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk ($P>0,05$). A legjobb eredményt, 0,85 g/g-os értékkel a 2% napi takarmányadagot fogyasztó kezelésnél kaptuk (3. táblázat). Eredményeink egybecsengenek *Molnár és*

mtsai. (2004) által kősüllőnél tapasztaltakkal (0,85–0,93 g/g), de felülmúlják a több szerző által fogassüllőnél leírt 1,0–4,0 g/g-os értékeket (Bódis és Makkosné, 2003; Rónyai és Gál, 2003; Schultz és mtsai., 2005).

1. ábra

**Az S.G.R. alakulása a kezeléstől függően
(átlag \pm SD, n=4)**



a,b: az azonos betűvel jelölt átlagok között nincs szignifikáns különbség ($P>0,05$) (means in a row lacking common superscripts are not significantly difference ($P>0,05$)); 1%, 2%, 3%: takarmányozási szintek a halbiomassza arányában) (the daily feed allowance as the ratio of fishbiomass).

Figure 1 Changing of S.G.R.values according to the treatments (mean \pm SD, n=4)

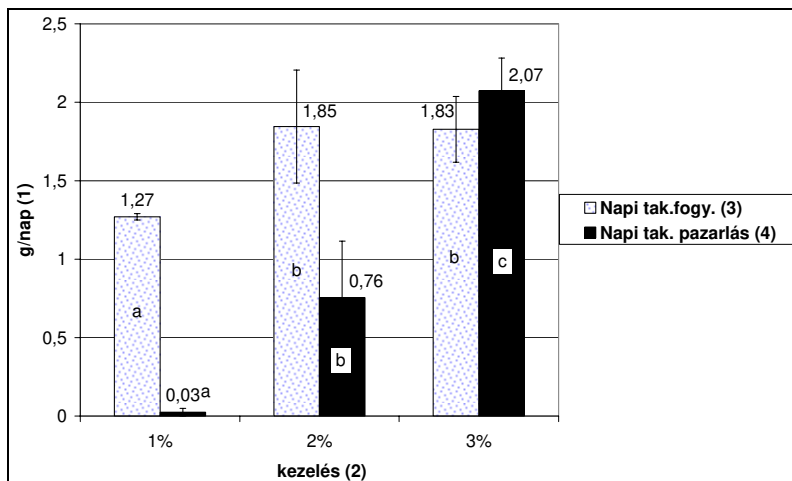
S.G.R. (% day⁻¹) (1), Treatment (2)

A takarmányfogyasztásban az 1, 2 és a 3%-os kezelések között szignifikáns különbséget találtunk, de itt az eltérés egyértelműen a takarmányozási intenzitás különbségéből adódott. Az eltérő takarmányadagok a takarmány pazarlásra is hatást gyakoroltak. Az 1%-os kezelésnél 1,8%, a 2%-nál 29,2%, a 3%-nál 53,1% volt a pazarlás mértéke. A legkisebb mennyiséggel takarmányozott kezelésnél két kísérleti egységnél nem is volt pazarlás. Mindhárom kezelés átlagértékei szignifikánsan különböztek egymástól ($P<0,001$), mind a napi (2. ábra), mind a teljes kísérletre számított eredményekben (3. táblázat). Valószínűsíthető, hogy a kősüllő esetében már a teljes biomassza 2%-ában meghatározott takarmánymennyiség is túl sok, hiszen korábbi vizsgálatunkban *ad libitum* takarmányozott kősüllők esetében 16–25%-os takarmány pazarlást tapasztaltunk (Szabó és mtsai., 2008).

A teljестest összetételét vizsgálva (4. táblázat) megállapítható, hogy csakúgy, mint a fogassüllő esetében (Szabó és mtsai, 2006), a takarmányozás intenzitásának nem volt statisztikailag igazolható szerepe. Lényeges, hogy a test zsírtartalma sem tért el számottevően a kezelések között. Ez a megfigyelés azzal is magyarázható, hogy a két intenzívebben takarmányozott csoport (2% és 3%) azonos mennyiségű (átlag: 1,85, illetve 1,83 g/nap) és összetételű tápot fogyasztott el.

2. ábra

A napi takarmányfogyasztás és a pazarlás alakulása kezelésenként (átlag±SD, n=4)



(a,b,c: az azonos betűvel jelölt átlagok között nincs szignifikáns különbség ($P > 0,05$))
 (a,b,c: means in a row lacking common superscripts are not significantly difference ($P > 0,05$); 1%, 2%, 3%: takarmányozási szintek a halbiomassza arányában) (the daily feed allowance as the ratio of fishbiomass)

Figure 2 The daily feed consumption and feed residue of the experimental groups (mean±SD, n=4)

g day⁻¹(1), Treatment(2), Daily feed consumption (g)(3), Daily feed residue (g)(4)

4. táblázat

A testösszetétel alakulása a kísérlet végén (átlag±SD)

Paraméterek (1)	n	Kezelés (2)			P érték
		1%	2%	3%	
Száranyag (%) (3)	3	23,8±0,57	24,9±1,22	23,4±2,47	NS
Nyersfehérje (%) (4)	3	17,2±0,60	18,5±1,26	16,3±1,60	NS
Nyerszsír (%) (5)	3	3,34±0,51	4,22±0,60	3,80±1,08	NS
Nyershamu (%) (6)	3	4,12±0,16	4,09±0,15	3,93 ±0,20	NS

NS: nincs szignifikáns különbség (No significant difference); 1%, 2%, 3%: takarmányozási szintek a halbiomassza arányában (the daily feed allowance as the ratio of fishbiomass).

Table 4 The body composition at the end of the experiment (mean±SD)

Parameters(1), Treatment(2), Dry matter(3), Crude protein(4), Crude fat(5), Crude ash(6)

KÖVETKEZTETÉSEK

Az eredmények alapján azt a következtetés vonható le, hogy a kősüllő esetén az intenzív körülmények között folytatott nevelésnek lehet létjogosultsága. A kősüllő gyorsan, az állomány szinte 100%-ában tápra szoktatható, szívesen fogyasztja a takarmánykeveréket, amit az aljzatról is jelentős mennyiségben felvesz (ellentétben a fogassüllővel).

Kimagasló takarmányértékesítés mellett jó tömeggyarapodási eredményeket kaphatunk, miáltal az értékes állományt állandó kontroll alatt viszonylag gazdaságosan nevelhetjük. Az intenzív nevelés eredményeként jó kondíciójú állományt kaphatunk akár tenyésztés, akár természetes vizekbe történő kitelepítés, vagy fogassüllővel történő hibridizálás céljából.

Vizsgálatunk alapján megállapítottuk, hogy 11,5%-os zsírtartalmú takarmány etetésekor a kősüllőnél, egynyaras korban a halbiomassza 1,5–2%-a körül várható a kívánatos takarmányadag.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérletet az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA D048498) és részben az MTA Bolyai János Ösztöndíj támogatásával végeztük.

IRODALOM

- Bercsényi M., Merth J., Födelmesi Z., Müller T. (2001): Süllő és kősüllő nevelése tápon. XXV. Halászati Tudományos Tanácskozás. HAKI, Szarvas, 2001. május 16-17. Konferencia kiadvány, 41.
- Bódis M., Makkosné Takács Sz. (2003): Süllő nevelése tappal – ketreces kísérletek. Halászat. 96. 3. 136-138.
- Bokor, Z., Müller, T., Bercsényi, M., Horváth, L., Urbányi, B., Horváth, Á. (2007): Cryo-preservation of sperm of two European percid species, the pikeperch (*Sander lucioperca*) and the Volga pikeperch (*S. volgensis*). Acta Biologica Hungarica. 58. 2. 199-207.
- Haltermelők Országos Szövetsége és Terméktanácsa (HOSZ) (2007): Jelentés a Szövetség és tagjai működésének 2006. évi eredményeiről. (Fehér Könyv), Budapest, 2007. 2-5.
- Holcik, J. (2003): Changes in the fish fauna and fisheries in the Slovak section of the Danube River: A review. Ann. Limnol. Int. J. Lim., 39. 3. 177-195.
- ISO (1978): Animal feeding stuffs - Determination of crude ash. ISO 5984 International Organization for Standardization.
- ISO (1985): Animal feeding stuffs - Determination of fat content. ISO 6492 International Organization for Standardization.
- ISO (1997): Animal feeding stuffs - Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content - Kjeldahl method. ISO 5983 International Organization for Standardization.
- Jankowska, B., Zakes, Z., Zmijewski, T., Szczepkowski, M. (2003): Fatty acid and meat utility of wild and cultured zander, *Sander lucioperca* (L.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 6. 1. Fisheries.
- Molnár T., Stettner G., Müller T., Szabó G., Hancz Cs. (2004): A telepítési sűrűség hatásának vizsgálata intenzíven nevelt kősüllőnél. XXVIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, szarvas, 2004. május 7-8. Halászatfejlesztés. 29. 75-82. p.
- Müller, T., Taller, J., Nyitrai, G., Kucska, B., Cernák, I., Bercsényi, M. (2004): Hybrid of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) and Volga perch, *S. volgense* (Gmelin). – A short communication. Aquaculture Research. 35. 915-916.

- Müller T., Nyitrai G., Kucska B., Bódis M., Bercsényi M (2005): A kősüllő mesterséges szaporítása. XXIX. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI, Szarvas, 2005. május 4-5. Konferencia kiadvány: 23.
- Pintér K. (2006): Magyarország halászata 2005-ben. Halászat. 99. 2. 48-53.
- Rónyai A., Gál D. (2003): Előzetes adatok a táppal takarmányozott fogassüllő növekedéséről és takarmány-hasznosításáról. XXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2003. május 7-8. Halászatfejlesztés. 28. 173-179.
- Rónyai A., Németh Á. (2006): Süllőtenyésztés-ma, I. Irodalmi áttekintés. Halászat. 99. 3. 112-118.
- Schultz, C., Knaus, U., Wirth, M., Rennert, B. (2005): Effects of varying dietary fatty acid profil on growth performance, fatty acid, body and tissue composition of juvenile pike perch (*Sander lucioperca*). Aquaculture Nutrition. 11. 403-413.
- Specziár A., Bíró P. (2002): A balatoni kősüllő (*Stizostedion volgensis*) ökológiájáról. Halászat. 95. 1. 33-40.
- Specziár A., Tölg L., Bíró P. (2000): A Balaton halfaunájának vizsgálata. XXIV. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI, Szarvas, 2000. május 24-25. Halászatfejlesztés. 24. 115-125.
- Szabó G., Hancz Cs., Stettner G., Bódis M., Molnár T. (2006): Eltérő napi takarmányadagok hatása a táppal etetett süllő (*Sander lucioperca* L.) növekedésére és testösszetételére. XXX. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI. Szarvas, 2006. május 24-25. Halászatfejlesztés. 31. 63-173.
- Szabó G., Molnár T., Müller T., Hancz Cs. (2008): Kősüllő (*Stizostedion volgensis* G) intenzív nevelése eltérő zsírforrásokat tartalmazó haltápok etetése mellett. XXXII. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI. Szarvas, 2008. május 14-15. Konferencia kiadvány: 53.
- Tahy B. (1996): Gondolatok a balatoni kősüllőállományról. Halászat. 85. 3. 104.
- Zakes, Z. (2003): Pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) production in recirculating systems. Bulletin VURH Vodnany, 1-2. 136-140.
- Zakes, Z., Demska-Zakes, D., Karczewski, P., Karpinski, A. (2001): Selected metabolic aspects of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* (L.) in a water recirculation system. Archives of Polish Fisheries. 9. 1. 25-37.
- Zakes, Z., Przybyl, A., Wozniak, M., Szczepowski, M., Mazurkiewicz, J. (2004): Growth performance of juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) fed graded levels of dietary lipids. Czech. J. Anim. Sci., 49. 4. 156-163.
- Zakes, Z., Kowalska, A., Czerniak, S., Demska-Zakes, K. (2006): Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). Czech Journal of Animal Science. 51. 2. 85-91.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Szabó Gergely

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Kaposvár University, Faculty of Animal Science

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Tel.: 36-82-505-800; Fax: 36-82-320-175

e-mail: szabogergo@hotmail.com



Effect of total bacteria number and protein content of raw milk on probiotic bacteria multiplication

É. Csutak

University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, 400372 Cluj-Napoca, 3-5 Mănăștur str. Romania

ABSTRACT

Considering that the quality of raw milk is a prerequisite condition to obtain a good quality probiotic yoghurt, our studies aimed the measurement of milk factors which can affect the multiplication of probiotic lactic acid bacteria (LABs) Lactobacillus acidophilus (LA-5) and Bifidobacterium (BB-12) strains from Christian Hansen company (Danmark). We studied comparatively raw and pasteurized milk chemical composition and the correlations between the spontaneous microbial flora (expressed in CFU=colony forming unit) found in milk samples and the impact of this flora on the multiplication of LABs. We investigated as well the effect milk proteins on pH and LAB development, the influence of NTG (number of total bacteria), on lactic fermentations and LA-5 (Lactobacillus acidophilus) and BB-12 activities. Generally the BB-12 (Bifidobacterium) activities were lower comparing with LA-5 and multiplication of both strains was reversely correlated with NTG values. Protein content of raw milk has minor influence on LA-5 and BB-12 multiplication, but it influences structure of probiotic yogurt.

(Keywords: yoghurt, probiotics, prebiotics, NTG, pasteurization)

ÖSSZEFOGLALÁS

A nyerstej összcsíraszámának és fehérjetartalmának hatása a probiotikus baktériumok szaporodására

Csutak É.

Mezőgazdaságtudományi és Állatorvostudományi Egyetem, RO-400372, Cluj-Napoca, 3-5 Mănăștur str. Romania

Figyelembe véve, hogy a nyerstej minősége közvetlen módon befolyásolja a probiotikus joghurt gyártását, tanulmányunk célja azon paraméterek vizsgálata volt, amelyek befolyásolhatják a probiotikus baktériumok szaporodását. (Lactobacillus acidophilus és Bifidobacterium BB-12). Összehasonlítottuk a fent említett baktériumok fejlődését nyers és pasztörözött tejben, vizsgáltuk a nyerstej eredeti mikroflórájának összcsíraszámát, beltartalmi értékeinek hatását. Tanulmányoztuk a tejjeférje hatását a pH alakulására, az összcsíraszám hatását a tejsavas erjedésre, valamint az LA-5 és BB-12 baktériumok aktivitására. Kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a nyerstej összcsíraszám fordítottan arányos a probiotikus baktériumok szaporodási sebességével. Az LA-5 baktérium ugyanazon körülmények között aktívabbnak bizonyult, mint a BB-12. A tejjeférje nem bizonyult döntő jelentőségűnek a probiotikus baktériumok szaporodásában, de fontos szerepet játszik a joghurt (végtermék) szerkezetének alakulásában.

(Kulcsszavak: joghurt, probiotikum, prebiotikum, csíraszám, pasztörözés)

INTRODUCTION

Yoghurt is a long time known and appreciated dairy product, obtained traditionally by the spontaneous or induced lactic fermentation of milk. The microbiology of lactic-producing bacteria and the fermentation biochemistry and technology of yoghurt is well documented (Apostu and Barzoi, 2002; Banu, 2002; Banu and Moraru, 1972; Costin, 2005; Socaciu, 2001).

The term “probiotic” is known since 1903 when the benefic actions of *Lactobacillus acidophilus* strains were observed in human intestine, and the term of “prebiotic” is known since 1961, and define the substances, generally natural ingredients or microorganisms which improve the intestinal equilibrium and defense against pathological bacteria (Brenngmark and Martindale, 2006; Costin and Segal, 2001; Macrovei and Costin, 2006; Tomasik and Tomasik, 2006).

Yoghurt, by its high content in lactic acid bacteria (LABs) possesses antimicrobial activity *in vitro* against a wide variety of Gram-positive and Gram-negative bacteria, as well as some fungi. The exact cause of inhibition is not fully known, but may be due to the antagonist action of LAB species which prevent the adherence, establishment, replication, and/or pathogenic action of certain enteropathogenes. To improve continuously the quality of yoghurts, preservation of probiotic characteristics and the shelf-life of live LABs, with improved capacity of fermentation, are needed (Gropal, 2007; Kleebezen *et al.*, 2006; Shah, 2007; Reid, 2003).

Among many strains, *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium spp.* are the best candidates to be used, alone or in combinations as lactic fermenting microorganisms with high probiotic activity (Kailaspathy and Rybka, 1997). Important factor which influence the development and survival rate of probiotic LAB is the milk quality and its bacterial flora. It is known that the quality of raw milk in Romania is still an unsolved problem, since the number of total germs and of somatic cells found in milk is higher than the permitted level in European Union (Total Bacteria Number <100000 CFU/ml, Somatic Cell Count <400000 CFU/ml) (Banu, 2002; Banu and Moraru, 1972).

Considering that the quality of raw milk is a prerequisite condition for obtaining a good quality probiotic yoghurt, our studies aimed the measurement of main milk factors which can affect the multiplication of both probiotic-forming bacteria *Lactobacillus acidophilus* (LA) and *Bifidobacterium* (BB-12). We studied comparatively the raw and pasteurized milk, the correlations between the spontaneous microbial flora found in milk samples and its impact on multiplication of probiotic bacteria.

MATERIAL AND METHOD

The samples of cow milk originated from the region of Bisericani and the tests were made at NIZO, Netherlands and at S.C. Gordon Prod Bisericani, at the company's authorized lab. For experiments we used two bacterial strains, *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium BB-12* provided by Christian Hansen comp. The media used for the storage and determinations of bacterial multiplication were MRS agar for LA-5 the nutritive, sorbitol agar (Sanimed) used for the determination of total bacteria number from yogurts. To make measurements, the raw milk, after cooling, was inoculated with both bacterial strains at three dilutions (10^{-1} , 10^{-2} and 10^{-3}) and incubated for 72 hrs. The counting of bacteria was made after 48 and 72 hrs of incubation. For LA-5 and BB-12 the incubation was 38–43 °C. All samples were done in duplicate.

To determine the NTG we used bacterial counter IBC m Bactocount, produced by Bentley in USA, for determination of phosphatase activity a control test from Biokom

company, Bulgaria. The pH was determined by using the lab pH meter WTW315i, imported by Viola company (Romania), produced by WTW company, Germany, protein content of raw milk by Lactostar milk analyzer produced by Gerber company (Germany). Density of raw milk was determined by lacto-densimeter on 20 °C (density of milk may be read directly on densimeter's scale).

RESULTS AND DISCUSSION

The composition of milk samples (raw and pasteurized) before to be inoculated with probiotic strains

The main characteristics of raw milk comparing with the pasteurized milk are presented in *Table 1*. The fat, protein, lactose content of milk are measured in percent, the microorganisms number in CFU (colony forming unit). By these measurements we studied the effect of pasteurizing process on raw milk composition and properties.

Table 1.

Composition and properties of raw and pasteurized milk samples

Milk samples (1)	Total protein (4) g/100 g	Lactose (5) g/100 g	Fat (6) g/100 g	Density (7) kg/l	Aerobic psychotrophic microorganisms (8) (CFU/ml)	Phosphatase activity (9)
Raw milk (2)	3.28	4.41	3.80	1.0291	$1.4 \cdot 10^7$	positive
Pasteurized milk (3)	3.27	4.53	3.77	1.0287	$9.6 \cdot 10^4$	negative

1. táblázat: A nyers- és pasztörözött tejminták kémiai paramétere

Tejminta(1), Nyerstej(2), Pasztörözött tej(3), Fehérje(4), Tejcukor(5), Zsír(6), Sűrűség(7), Aerob psychotrophic mikroorganizmus (8), Foszfátáz aktivitás(9)

There were no significant differences between density, proteins, lactose and fat contents in raw vs pasteurized milk, but a significant decrease of aerobic psychotrophic microorganisms. Phosphatase activity was measured from raw and pasteurized milk, also, because we used a rapid test, and in this way we could check its activity.

Relations between the NTG found in raw and pasteurized milk and their effects on the multiplication probiotic strains of LA-5 and BB-12. We observed that the initial milk NTG influenced significantly the probiotic bacteria evolution (*Table 2*). We found out that pasteurization at 72 °C was not enough efficient and even after 95 °C pasteurization, the presence of microorganisms can affect the probiotic development.

Determination of total bacteria number in milk samples

Number of total bacteria (NTG) was determined by IBCm Bactocount, and the results are presented in *Figure 1* on the left are presented the frequency of bacteria, on right a report of bacteria intensity in milk sample. Result of total bacteria number will appear automatically on screen in function of frequency and intensity. IBCm Bactocount milk analyzer is calculating total bacteria number on base of these parameters.

To determine the influence of total bacteria number on LA-5 and BB-12 multiplication it was important selecting of raw milks with different total bacteria number. It was important, also, that chemical properties of milk (fat content, protein content, lactose content) to be similar. For inoculation we used pure probiotic strains BB-12 and LA-5 in a dosage: 0.025 units g/liter. Influence of total bacteria number on LA-5 and BB-12 multiplication was measured off by determining of acidity, pH of final product.

Raw milk's NTG influences directly in negativ way total bacteria number of pasteurized milk. Acidity , pH, lactic acid content of probiotic yoghurt obtained from raw milk with high NTG will be lower. Samples with NTG>500000 CFU/ml after pasteurizing process will have a total bacteria number>6000 CFU/ml, and this concurrent microflora will affect the multiplication of LA-5 and BB-12 probiotic strains.

BB-12 bacteria is more sensitive than LA-5. In same conditions, after 6 hours of incubation the acidity and lactic acid content of yoghurt was lower with BB-12. Even LA-5 is more resistant bacteria, sensorial propertes of yogurt with BB-12 were better (taste, smell, structure). So for obtaining probiotic yogurt NTG of raw milk has major influence. A high bacteria number produces a concurrent culture is inhibiting LA-5 or BB-12 bacteria multiplication and; quality and safety of final product is affected.

Table 2.

The influence of NTG raw and pasteurized milk NTG on multiplication of LA-5 and BB-12, at concentrations of 0.025 g/l, temperature of milk: 38 °C, 6 hours

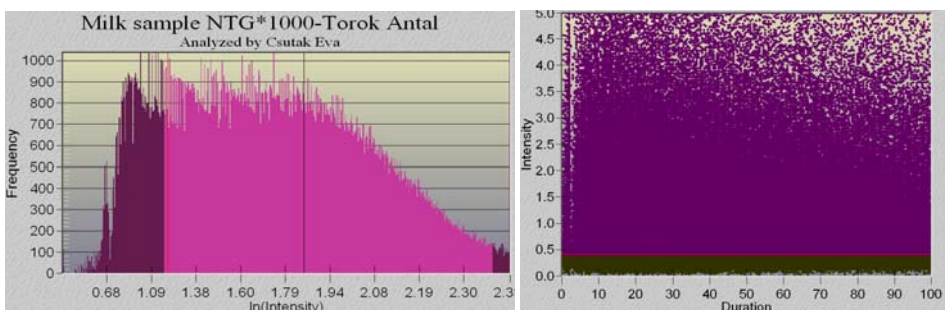
Sample (1)	NTG of milk saple by IBCm BactoCount (2) CFU/ml*1000000	NTG of pasteurized milk (3) CFU/ml*1000	Titration acidity (4) LA-5, Th ^o *10	pH, LA-5,	Titration acidity BB-12, Th ^o *10	pH, BB-12,
1	10.62	10.2	7.1	4.79	7.0	4.74
2	8.58	9.45	7	4.78	7	4.76
3	1.70	7.6	8.1	4.65	8.0	4.62
4	1.59	8.1	7.8	4.68	7.6	4.67
5	0.99	6.35	8.2	4.59	8.1	4.53
6	0.36	6.4	8.4	4.56	8.1	4.54
7	0.27	6.1	7.6	4.67	7.2	4.62
8	0.11	5.15	8.4	4.61	8.4	4.60
9	0.09	4.85	8.8	4.78	8.6	4.72

3. táblázat: A nyers és pasztörözött tej csiraszámának hatása az LA-5 és BB-12 baktériumok szaporodására (0,025 g/l kultúra koncentráció, 38 °C inkubálási hőmérséklet, 6 óra)

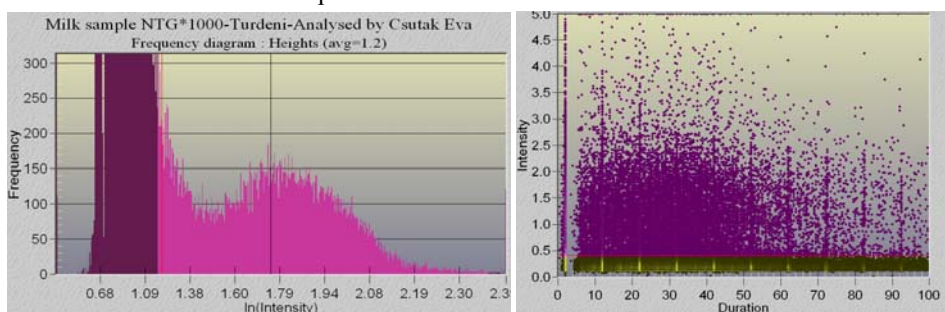
Mintaszám(1), Tejminta összbaktérium száma (IBCm Bactocount)(2), Pasztörözött tej összbaktérium száma(3), Titrálható savasság(4)

Figure 1.

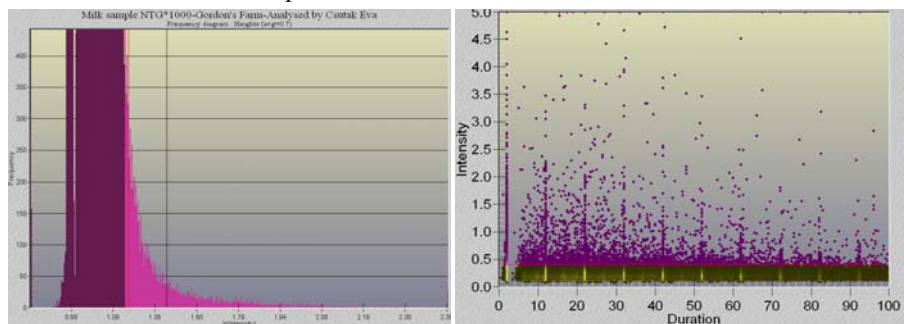
Determination of total bacteria number in milk samples



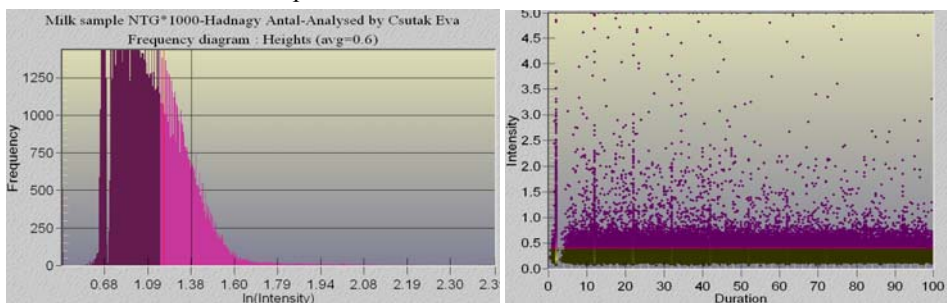
NTG: 10621099CFU/ml-sample 1.



NTG: 1589781CFU/ml-sample 9



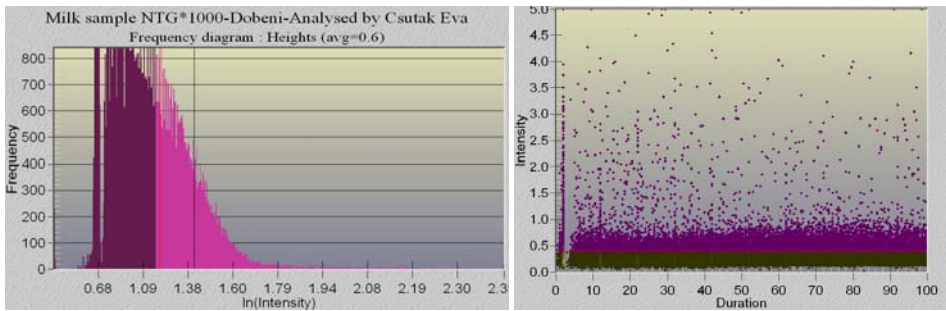
NTG: 357856CFU/ml-sample 4



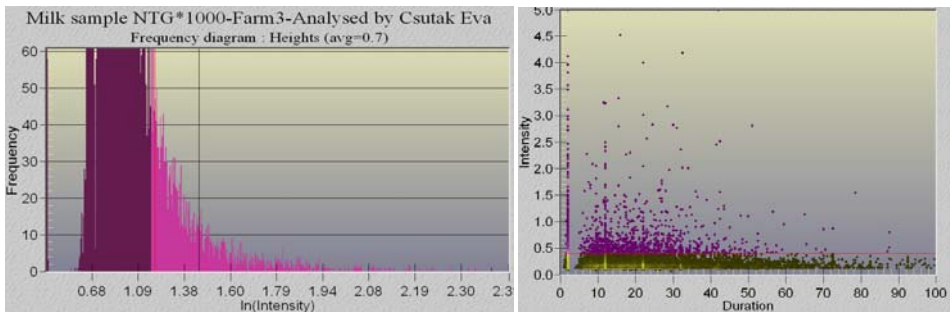
NTG: 1702388CFU/ml-sample 2

Continued on next page

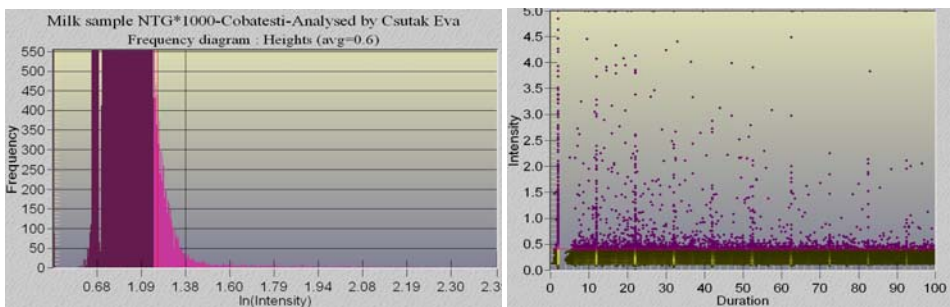
Continued from previous page



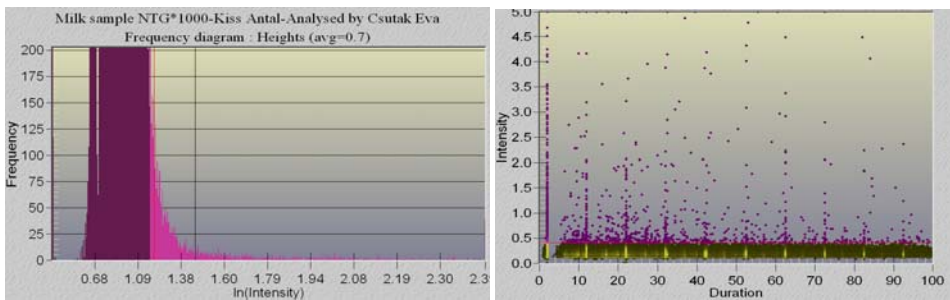
NTG: 989569CFU/ml-sample 5



NTG: 91392CFU/ml-sample 3



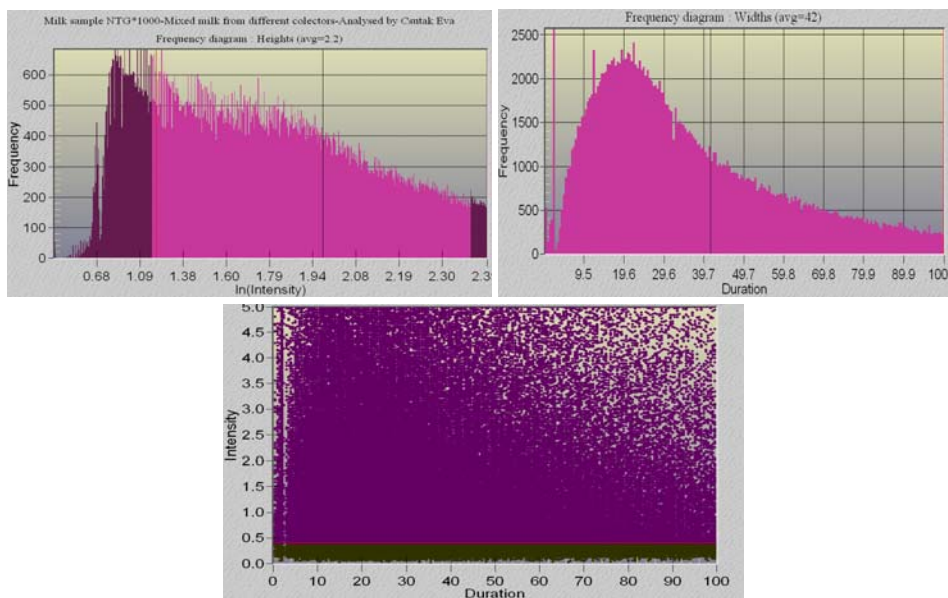
NTG: 272785CFU/ml-sample 7



NTG: 114321CFU/ml-sample 8

Continued on next page

Continued from previous page



NTG: 8580943CFU/ml-sample 6

1. ábra: A nyerstej csíraszámának meghatározása

Influence of raw milk protein on the pH variation and LA-5 and BB-12 multiplication

Because in Romania raw milk is paid in relation of protein content we were interested on finding the possible positive effects of protein addition to the development of probiotic strains (for example, addition of peptone as a supplement in the media). As it is presented in *Figure 2*, after measurements for 6 hrs incubation, milk protein content of raw milk has minor influence on the pH variations. Same results we had with BB-12 probiotic bacteria, only the acidification process was slower with 3,6%. The requested protein content by EU (3,2%), is enough for multiplication of probiotic bacteria. Protein content of raw milk has importance in obtaining of cheese.

How we can observe from *Figure 2* protein content of milk has no major influence on probiotic bacteria multiplication.

CONCLUSION

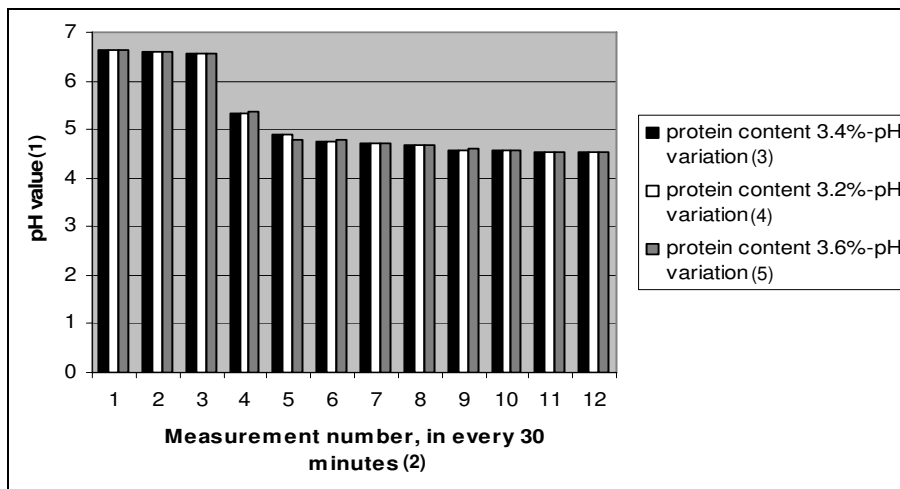
The quality of raw milk in Romania needs to be improved, in order to obtain extra quality probiotic yoghurts. At his moment the number of total bacteria (NTG) exceed the limit accepted by EU legislation (100000 CFU/ml), and it can induce technological problems during production.

In this context, the Gordon Prod company where our experiments were done, tried to investigate the impact of existing NTG in raw and pasteurized milk on LAB probiotics (*Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium spp.*) multiplication.

We investigated as well the effect milk proteins on pH and LAB development, the influence of NTG in raw milk before and after pasteurization, on lactic fermentations and LA-5 and BB-12 activities.

Figure 2.

The influence of the raw milk protein on the probiotic LA-5 development and pH values, after 6 hrs of incubation at 38 °C



2. ábra: A nyerstej fehérjetartalmának hatása az LA-5 baktérium fejlődésére es a pH-érték módosulására

pH-érték(1), Mérés száma, minden 30. percben(2), Fehérjetartalom 3,4%-os pH-változásnál(3), Fehérjetartalom 3,2%-os pH-változásnál(4), Fehérjetartalom 3,6%-os pH-változásnál(5)

We found out that pasteurization at 72 °C was not enough efficient and even after 95 °C pasteurization, the presence of original microorganisms can affect the probiotic development. Small increases of milk total protein content seem not to influence the LABs development.

Generally the BB-12 activities were lower in our experiments comparing with LA-5 and multiplication of both strains was reversely correlated with NTG values at same conditions.

REFERENCES

- Apostu, S., Barzoi, D. (2002). Microbiologia produselor alimentare. Ed. Risoprint, Cluj
- Banu, C., Moraru, C. (1972). Biochimia produselor alimentare. Ed. Tehnica, Bucuresti
- Banu C. (2002). Manualul inginerului in industrie alimentara. Editura Tehnica, Bucuresti
- Bengmark, S., Martindale, R. (2006). Prebiotics and Symbiotics in Clinical Medicine. Nutrition in Clinical Practice, 20. 244-261.
- Chintescu, Gh., Grigore, St. (1982). Indrumator pentru tehnologia produselor lactate, Ed. Tehnica Bucuresti
- Costin, M. (2005). Produse lactate fermentate, Ed. Academica, Galati
- Costin, M., Segal, R. (2001). Alimente pentru nutritie speciala, Ed. Academia, Galati
- Gibson, G.R., McCartney, M., Rastall, R.A. (2005). Prebiotics and resistance to gastrointestinal infection. Br. J. of Nutrition. 93. 31-34.

- Gopal, R. (2007). Amylolytic bacterial lactic acid fermentation. *Biotechnology Advances*. 26. 22-34.
- Kailaspathy, K., Rybka, S. (1997). *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. Their therapeutic potential and survival in yogurt. *Austr. J. Dairy Technol.* 52. 28-35.
- Kleerebezem, M., Smid, E. (2006). New probiotics, *Food Eng. and Ingredients*. 34. 245-257.
- Macovei, V.M., Costin, M. (2006). *Laptele- aliment medicament*. Ed. Academia, Galati
- Shah, N.P. (2007). Functional cultures and health benefits. *International Dairy J.*, 17. 1262-1277.
- Socaciu, C. (2001). *Chimia alimentelor*. Ed. Academicpres, Cluj- Napoca
- Stoian, C., Scortescu, Gh., Chintescu, Gh. (1981). *Tehnologia laptelui si a produselor lactate*. Ed Tehnica, Bucuresti
- Tomasik, P.J., Tomasik, P. (2006). Prebiotics and Probiotics. *American Association of Cerial Chemists*. 80. 113-117.
- Reid, G. (1999). The scientific basis for probiotic strains of *Lactobacillus*, *Appl Environ Microbiol.*, 65. 3763-6.
- Reid, G. (2003). New scientific paradigms for probiotics and prebiotics. *J. Clin. Gastroenterol.*, 37. 105-18.
- Walker, W. (2006). Diet and bacterial colonization: role of probiotics and prebiotics. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 9. 668-675.

Corresponding author (*Levelezési cím*):

Csutak Éva

University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine
400372, Cluj-Napoca, 3-5 Mănăştur str., Romania

Mezőgazdaságtudományi és Állatorvostudományi Egyetem

RO-400372, Cluj-Napoca, 3-5 Mănăştur str. Romania

Tel.: 40-232-275-070 Fax: 40-232-260-650

e-mail: szkkeva@yahoo.com



Hazánkban elterjedt kecske és szarvasmarha fajták tejének ásványi anyag és zsírsav-összetétele

Pajor F., Galló O., Láczó E., Póti P.

Szent István Egyetem, Állattenyésztés-tudományi Intézet, 2103 Gödöllő, Péter Károly út 1.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt évtizedekben folyamatosan nőtt a kecsketej és tejtermékek szerepe az emberi táplálkozásban, melyek alternatívaként szerepelnek a tehéntejből készült tejtermékekkel szemben. A vizsgálatunk célja, a hazánkban elterjedt tejelő kecske (alpesi, magyar nemesített fehér) és szarvasmarha (holstein-fríz, magyartarka) fajták ásványi anyag és zsírsav-összetételének összehasonlító értékelése. Kísérletünk során 10 magyar nemesített fehér, 8 alpesi kecske, továbbá 6 magyartarka és 6 holstein-fríz tehén adatait elemeztük értékeltük. Mindkét faj egyedeit azonos környezetben tartottuk, valamint az országban elterjedt és elfogadott technológia szerint takarmányoztuk. A vizsgálatok során értékeltük a tej beltartalmi értékeit (zsírmentes szárazanyag, tejszír, tejfehérje és tejcukor), ásványianyag-tartalmát (Ca, P, Cu és Fe) és a zsírsav-összetételét. Az eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált kecske és a szarvasmarha fajták teje között ásványianyag-tartalomban és zsírsav-összetételben nincs jelentős különbség, ezzel szemben a két faj között igen. A kecsketejnek magasabb a nyershamu- (0,82%), a vas- (0,64 mg/kg) és a réz tartalma (0,19 mg/kg) a tehéntejhez viszonyítva (0,74%; 0,39 mg/kg; 0,07 mg/kg; $P < 0,05$), a kecsketej nagyobb arányban tartalmazott rövid szénláncú zsírsavakat (13,03 %), többszörösen telítetlen zsírsavakat (4,57 %) és konjugált linolsavat (0,80 %), mint a tehéntej (4,29%; 2,67%; 0,50%; $P < 0,001$) (Kulcsszavak: kecske, szarvasmarha, tej, ásványi anyag, konjugált linolsav)

ABSTRACT

Composition of general goat and cattle breeds' mineral and fatty acid composition of milk in Hungary

F. Pajor, O. Galló, E. Láczó, P. Póti

Szent István University, Institute of Animal Husbandry, H-2103 Gödöllő, Péter K. u. 1.

In recent decades an increasingly important role in the human diet has been attached to goat milk and milk products, which distinguishes it from cow milk and makes it a valuable alternative. The objective of this study was to compare the mineral contents, fatty acid profile of milk from 10 Hungarian Improved White, 8 Alpine goat, and 6 Hungarian Simmental and 6 Holstein Friesian cow. The animals were kept same environment and fed nationwide accepted and widespread feeding technology. Milk was analysed for solids non fat, fat, protein, lactose, mineral content (Ca, P, Cu and Fe) and fatty acid contents. The based on the results, between the examined goat and cow breeds were not found significantly differences in minerals and fatty acid profile. Further more, ash (0.82 %), iron (Fe) (0.64 mg/kg) and copper (Cu) (0.19 mg/kg) content was higher in goat milk compared to cow milk (0.74%; 0.39 mg/kg; 0.07 mg/kg; $P < 0.05$). On the other hand, we found differences between two breeds in fatty acid compositions. Levels of short chain fatty acids (13.03%), proportion of

polyunsaturated fatty acids (4.57%) and conjugated linoleic acid (0.80 %) are significantly higher in goat than in cow milk (4.29%; 2.67%; 0.50%; $P < 0.001$) in our sample.

(Keywords: goat, cattle, milk, mineral, conjugated linoleic acid)

BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben folyamatosan nőtt a kecsketej termelése (1980: 7,7 millió t, 2007: 14,8 millió t; *FAO*, 2008) és jelentősége a világon. Ezzel szemben az ezredforduló utáni időszakban a hazai kecskeállomány és kecsketejtermelés folyamatos csökkent (állomány: 2000: 189 ezer, 2007: 70 ezer; tejtermelés: 2000: 10,8 ezer t, 2007: 4,5 ezer t; *FAO*, 2008). Pedig a kecsketej termékek piacának növekedésére – hazánkban is – azért lehet számítani, mert kialakult egy olyan fogyasztói réteg, amely meg tudja fizetni a kecsketejből készült különleges termékeket, valamint az Európai Unió nem korlátozza az ágazat fejlesztését (*Szigeti és mtsai.*, 2005).

Az utóbbi években fokozódik az egészségvédő, bioaktív anyagok, pl. n-3 zsírsavak, konjugált linolsav (KLS) kutatása, melyeknek fokozott szerepet tulajdonítanak a humán egészségvédelemben. A bioaktív anyagok kutatása között jelentős helyet foglal el a konjugált linolsav egészségvédő hatásának tanulmányozása. A KLS csökkenti a daganatos megbetegedések előfordulásának kockázatát (*Belury*, 1995), modulálja az immunrendszert (*Cook és mtsai.*, 1993) továbbá érlelmeszesedés csökkentő hatását is megállapították (*Nicolasi és mtsai.*, 1997). A konjugált linolsav jelentőségéről és hatásairól legutóbb *Salamon és mtsai.* (2005abc) közöltek három átfogó tanulmányt.

A konjugált linolsavat a kérődzők bendőjében a *Butyrivibrio fibrisolvens* baktérium állítja elő linolsavból, de a konjugált linolsav előállításnak egy alternatív útja is ismert, amely során a konjugált linolsav a tejmirigyben vakcénsavból (transz-11 C_{18:1}) Δ^9 -deszaturáz reakcióval képződik (*Bauman és mtsai.*, 2001). Egyes vizsgálatok szerint a legjobb mutatója a Δ^9 -deszaturáz aktivitásnak a C_{14:1}/C_{14:0} zsírsavak aránya a tejben (*Claps és mtsai.*, 2007).

Az ásványi anyagok közül a kalcium- és foszfortartalmat, a mikroelemek közül a vas- és réztartalmat vizsgáltuk. A kalcium a csontképződésben és a szervezet sav-bázis egyensúlyának kialakításában játszik szerepet. A tej és a tejtermékek az egyik legjelentősebb kalciumforrásnak minősülnek. A réz és a vas a különböző biokémiai folyamatokban résztvevő enzimek fontos alkotói.

Vizsgálatunk célja a Magyarországon széles körben elfogadott takarmányozási feltételek mellett, a legelterjedtebb tejelő kecske (alpesi, magyar nemesített fehér kecske) és tejelő szarvasmarha fajták (holstein-fríz, magyartarka) tejének nyershamu, kalcium, foszfor, réz és vas, valamint zsírsav-összetételének összehasonlító értékelése.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokhoz szükséges mintavételezést a Gödöllői Agrárközpont Kht (GAK Kht) Állattenyésztési Tanüzemében, Gödöllőn végeztük. Vizsgálatunkban 8 alpesi, 10 magyar nemesített fehér anyakecske, valamint 6 magyartarka, 6 holstein-fríz tehén tejének ásványi anyag, valamint zsírsav-összetételét értékeltük. A kecske fajták anyái, valamint a tehenek a fajon belül hasonló életkorúak (tehen: 4 év; kecske: 2 év) és azonos laktáció számúak (2. laktáció) voltak. Minden egyedtől a mintákat a laktáció első harmadában, a laktáció 3. hónapjában vettük. A mintákat a teljesen kifejt tőgy elegytejéből vettük, állatonként 3 x 20 ml nyerstejet gyűjtöttünk, ahol két db minta, fagyasztásra (-20 °C) került, a későbbi ásványi anyag és zsírsav meghatározás céljából. A harmadik tejmintába tejalvadás gátló tableta került, utána a mintát +4 °C-on tároltuk a laboratóriumba szállításig, mely a mintavétel napján történt. A minták zsírmentes szárazanyag-, tejfehérje-, tejszír-, tejcukor-tartalmának

a meghatározása spektrofotométer alkalmazásával történt (Combi Foss 5000, Foss Electric; ÁT Kft, Gödöllő). A kísérleti állatok tejének beltartalmi értékeit a 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat

A vizsgált genotípusok tejének beltartalmi összetétele (g/100 ml; átlag±szórás)

Fajták(1)	Zsír %(2)	Fehérje %(3)	Tejcukor %(4)	Zsírintes szárazanyag %(5)
Magyar nemesített fehér(6)	3,12±0,32	2,90±0,23	4,56±0,23	8,28±0,47
Alpesi(7)	3,07±0,39	2,86±0,25	4,53±0,21	8,19±0,91
Magyartarka(8)	3,65±0,12	3,49±0,30	4,79±0,15	9,10±0,76
Holstein-fríz(9)	3,41±0,51	3,33±0,31	4,55±0,50	8,61±0,63

Table 1. Composition of milk from examined genotypes

Breeds(1), Fat(2), Protein(3), Lactose(4), Non fat solids(5), Hungarian Improved White(6), Alpine(7), Hungarian Fleckvieh(8), Holstein Friesian(9)

Mindkét faj egyedeit azonos környezetben tartottuk, az országban széles körben elfogadott és elterjedt technológia szerint takarmányoztuk, vagyis a kecskék *ad libitum* lucerna szénát, kiegészítésként tejelő abrakkeveréket (1 kg/nap/egyed) kaptak. A teheneket monodiétán (kukorica szilázs, lucerna széna), és kiegészítésként tejelő abrakkeveréken (4 kg/nap/egyed) tartottuk. Mind a tehene, mind a kecskék ugyanabból a lucerna és tejelő abrakkeverék tételből kaptak. Az etetett takarmányok beltartalmi értékeit a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat

Az etetett takarmányok táplálóanyag összetétele

Táplálóanyag (1)	Mérték-egység (2)	Kukorica szilázs (3)	Lucerna széna (4)	Tejelő abrakkeverék (5)
Eredeti szárazanyag (6)	g/kg takarmány	316	900	887
Nyersfehérje (7)	g/kg sza.	74	133	164
Nyerszsír (8)	g/kg sza.	22	13	31
Nyersrost (9)	g/kg sza.	236	417	24
Nyershamu (10)	g/kg sza.	56	71	52
N-mentes kivonható anyag (11)	g/kg sza.	612	474	729

Table 2. Composition of fed forage

Component(1), Unit(2), Maize silage(3), Alfalfa hay(4), Milking concentrate mix(5), Original dry matter(6), Crude protein(7), Crude fat(8), Crude fibre(9), Crude ash(10), N. Free extracts(11)

A tejminták ásványianyag-tartalmát (kalcium, foszfor, vas és réz) szárítás és izzítás, majd feltárás után atomabszorpciós spektrofotométer segítségével határoztuk meg *Csapó*

és mtsai. (1994) szerint. A kecske- és tehéntej tejszír zsírsav-összetétel vizsgálata *Csapó és mtsai.* (1995) módszertani leírása alapján történt. Az ásványi anyag és a zsírsav-összetétel vizsgálatokat a Kaposvári Egyetem, Kémiai-Biokémiai Tanszékén végeztük.

A meghatározott adatok statisztikai értékeléséhez SPSS 14.0 programot használtunk (átlag, szórás, F és T-próba).

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A nyerstej ásványianyag-tartalmának vizsgálata

A vizsgálat első részében kecske és szarvasmarha fajták tejének ásványianyag-tartalmát határoztuk meg. Az ásványi anyag vizsgálat eredményeit a 3. táblázatban foglaljuk össze.

3. táblázat

A tehén és kecsketej ásványi anyag tartalma genotípusok szerint (átlag±SD)

Vizsgált komponensek (1)	Nyershamu, % (8)	Ca, mg/kg	P, mg/kg	Ca/P arány (9)	Cu, mg/kg	Fe, mg/kg
Holstein fríz(2)	0,70±0,09	995,0±234,68	750,0±231,52	1,19±0,22	0,08±0,06	0,36±0,12
Magyartarka(3)	0,78±0,07	999,50±133,24	845,0±106,07	1,36±0,22	0,06±0,02	0,41±0,13
Alpesi(4)	0,81±0,07	1083,0±146,84	795,0±91,83	1,37±0,15	0,18±0,09	0,62±0,20
Magyar nemesített fehér(5)	0,82±0,08	962,20±161,28	833,90±130,72	1,16±0,09	0,20±0,08	0,66±0,30
Szarvasmarha (6)	0,74±0,10	988,17±195,79	796,67±205,32	1,28±0,21	0,07±0,04	0,39±0,12
Kecske(7)	0,82±0,08	996,71±161,83	822,79±118,78	1,22±0,14	0,19±0,08	0,64±0,26
P ^{SZ}	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
P ^K	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
P ^F	*	N.S.	N.S.	N.S.	*	*

N.S.: nincs szignifikáns különbség; *: $P < 0,05$, P^{SZ}: szignifikáns különbség a két szarvasmarhafajta között; P^K: szignifikáns különbség a két kecskefajta között; P^F: szignifikáns különbség a két faj között (*non significantly difference*, P^{SZ}: *significantly difference between two cattle breeds*; P^K: *significantly difference between two goat breeds*; P^F: *significantly difference between two species*)

Table 3. Mineral composition of goat and cow milk according to genotypes

Components(1), Holstein Friesian(2), Hungarian Fleckvieh(3), Alpine(4), Hungarian Improved White(5), Cattle(6), Goat(7), Ash(8), Ca/P ratio(9)

Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált fajták (alpesi, magyar nemesített fehér, valamint magyartarka és holstein-fríz) tejének ásványianyag-tartalma között nem volt szignifikáns különbség. Statisztikailag bizonyított különbséget ($P < 0,05$) a két faj között a nyershamu (tehén: 0,74 %, kecske: 0,82 %;), a vas (0,40 mg/kg, 0,56 mg/kg;) és a réz (0,07 mg/kg, 0,19 mg/kg) esetén találtunk. Az eredményül kapott kecske- és tehéntej hamutartaloma az irodalmi adatokhoz hasonlóak voltak (*Parkash és Jennes*, 1968; *Csapó és Csapóné*, 2002; *Pennington és mtsai.*, 1995). A mostani eredményeinkhez hasonlóan, *Csapó és Csapóné* (2002) vizsgálataikban szintén a kecsketej tartalmazott szignifikánsan több hamut, mint a tehéntej.

A vizsgált kecsketej kalciumtartalma (997 mg/kg) alacsonyabb volt *Posati és Orr* (1976) (1940 mg/kg), valamint *Kondyli és mtsai.* (1320 mg/kg) eredményeihez képest,

míg hasonló volt *Grandison* (1986) (1000 mg/kg) és *Csapó és Csapóné* (2002) (900–1200 mg/kg) vizsgálataihoz. A tehéntej kalciumtartalmához (988 mg/kg) hasonlóak voltak *López és mtsai.* (1991) (1089 mg/kg), valamint *Pennington és mtsai.* (1995) (1010 mg/kg) mérési eredményei.

A kecsketej foszfortartalma (823 mg/kg) *Csapó és mtsai.* (1986), *Csapó és Csapóné* (2002) (800–1200 mg/kg) és *Voutsinas és mtsai.* (1990) eredményeikhez (800–1200 mg/kg) hasonló, de *Kondyli és mtsai.* (2007) által mértekhez képest (977 mg/kg) alacsonyabb értékeket mutattak. A szarvasmarhatej foszfortartalmára megállapított (797 mg/kg) eredményünkhöz képest nagyobb értékeket kaptak *Csapó és mtsai.* (1994) a vizsgálataik során (996 mg/kg).

A kecsketej réztartalmát (0,19 mg/kg) illetően az eredményeinktől eltérően magasabb réz koncentrációról számoltak *Csapó és mtsai.* (1986), *Csapó és Csapóné* (2002) (0,62 mg/kg), valamint *Kondyli és mtsai.* (2007) (0,80 mg/kg) a vizsgálataik során. A szarvasmarha tejének réztartalma (0,07 mg/kg) alacsonyabb volt, mint *Csapó és mtsai.* (1994) által publikált eredményeihez (0,30 mg/kg), de hasonló volt *Rodriguez és mtsai.* (2001) (0,07 mg/kg), valamint *Pennington és mtsai.* (1995) (0,04 mg/kg) által közöltekhez.

A kecsketej vastartalma (0,64 mg/kg) hasonló volt az irodalomban közölt eredményekhez (*Csapó és mtsai.*, 1986; *Csapó és Csapóné*, 2002; *Park és mtsai.*, 2007; *Kondyli és mtsai.*, 2007). A tehéntej vastartalma (0,39 mg/kg) hasonló volt *Moreno-Rojas és mtsai.* (1993) (0,44 mg/kg) és *Rincón és mtsai.* (1994) (0,44 mg/kg) eredményeihez.

Nyerstej zsírsav-összetételének vizsgálata

A vizsgálat második részében kecske és szarvasmarha fajták nyerstejének a zsírsav-összetételét határoztuk meg. A kecske illetve a szarvasmarha fajták tejének zsírsav-összetétel alakulását a 4. táblázat mutatja be.

Az alpesi és a magyar nemesített fehér kecskék tejszírájában található zsírsavak arányát értékelve megállapítható, hogy a két fajta zsírsav-összetételében számottevő különbség nem volt tapasztalható a következő zsírsavakat kivéve: kaprilsav (alpesi: 1,83%, magyar nemesített fehér: 2,16%; $P < 0,05$), linolsav (2,15%, 3,08%; $P < 0,01$), arachidonsav (0,49%, 0,25%; $P < 0,05$).

A holstein-fríz és a magyartarka tehének tejének zsírsav-összetételében szintén nem volt jelentős eltérés. Szignifikáns különbséget a következő zsírsavak esetén találtunk: kapronsav (holstein fríz: 1,09%, magyartarka: 1,27%; $P < 0,01$), kaprilsav (0,91%, 0,76%; $P < 0,01$), kaprinsav (2,65%, 2,29%; $P < 0,05$), arachidonsav (0,17%, 0,13%; $P < 0,001$) és a konjugált linolsav (0,41%, 0,58%; $P < 0,001$).

Az általunk vizsgált kecsketej fő zsírsavainak összetétele hasonló volt *Alonso és mtsai.* (1999), *Wójtowski és mtsai.* (2001), *Park és mtsai.* (2007) által közöltekhez. A vizsgált tehéntej mintáink zsírsav-összetétele hasonló a holstein, jersey, brown swiss, cseh tarka fajták tejének zsírsav-összetételéhez (*Morales és mtsai.*, 2000; *Delbecchi és mtsai.*, 2001; *Pesek és mtsai.*, 2005).

Az eredmények alapján, jelentős különbséget tudtunk kimutatni a két faj (kecske és szarvasmarha) tejének a zsírsav-összetételében.

Mindkét faj tejének a legnagyobb zsírsavfrakciója a palmitinsav (tehen: 38,65 %, kecske: 32,25%; $P < 0,001$) volt. További jelentős különbséget találtunk a két faj között rövid szénláncú zsírsavak (kapron, kapril és kaprinsav), a linolsav (1,28%, 2,81%; $P < 0,001$), α -linolénsav (0,42%, 0,56%; $P < 0,001$), eikozapentaénsav (0,04%, 0,09%; $P < 0,01$), arachidonsav (0,15%, 0,35%; $P < 0,001$), valamint a konjugált linolsav (0,50%, 0,74%; $P < 0,01$) tartalmában.

4. táblázat

**Tehén és kecsketej zsírsav-összetétele genotípusok szerint
(g/100g zsírsav)(átlag±SD)**

Zsírsavak (1)	Holstein-fríz (2)	Magyar-tarka (3)	Alpesi (4)	Magyar nemesített fehér (5)	Szarvasmarha (6)	Kecske (7)	P ^{sz}	P ^k	P ^f
C6:0 Kapronsav (8)	1,09±0,13	1,27±0,10	1,11±0,28	1,34±0,13	0,97±0,18	1,26±0,22	**	N.S.	***
C8:0 Kaprilsav (9)	0,91±0,03	0,76±0,09	1,83±0,39	2,16±0,24	0,83±0,10	2,01±0,35	**	*	***
C10:0 Kaprinsav (10)	2,65±0,09	2,29±0,27	8,86±2,01	10,00±1,32	2,47±0,27	9,49±1,71	*	N.S.	***
C12:0 Laurinsav (11)	3,54±0,15	3,30±0,27	5,29±1,42	5,27±1,61	3,42±0,24	5,27±1,49	N.S.	N.S.	***
C14:0 Mirisztinsav (12)	12,76±0,53	12,80±0,43	12,77±1,30	11,98±1,67	12,78±0,46	12,33±1,53	N.S.	N.S.	N.S.
C14:1 Mirisztolajsav (13)	1,07±0,23	1,09±0,11	0,16±0,06	0,19±0,08	1,08±0,18	0,17±0,07	N.S.	N.S.	***
C16:0 Palmitinsav (14)	39,06±2,25	38,24±3,10	32,74±3,70	32,05±3,33	38,65±2,62	32,36±3,41	N.S.	N.S.	***
C16:1 Palmitolajsav (15)	1,97±0,27	1,83±0,45	0,97±0,07	0,82±0,20	1,90±0,36	0,89±0,17	N.S.	N.S.	***
C18:0 Szterainsav(16)	8,97±1,01	8,49±0,81	8,11±3,27	7,72±1,70	8,73±0,91	7,89±2,44	N.S.	N.S.	N.S.
C18:1 Olajsav(17)	20,82±1,04	20,39±0,43	21,27±4,98	17,73±2,99	20,61±0,79	19,31±4,27	N.S.	N.S.	N.S.
C18:2n6 Linolsav(18)	1,30±0,23	1,26±0,16	2,15±0,47	3,08±0,79	1,28±0,19	2,66±0,80	N.S.	**	***
C18:3n3 α-linolénsav(19)	0,40±0,11	0,43±0,11	0,53±0,08	0,59±0,09	0,42±0,10	0,56±0,09	N.S.	N.S.	***
C20:5n3 Eikozapentaénsav (20)	0,05±0,04	0,03±0,01	0,07±0,05	0,10±0,03	0,04±0,03	0,09±0,04	N.S.	N.S.	**
C20:4n6 Arachidonsav (21)	0,17±0,01	0,13±0,01	0,49±0,23	0,25±0,09	0,15±0,02	0,35±0,20	***	*	**
Rövid szénláncú (C ₆ -C ₁₀) zsírsavak (22)	4,68±0,22	3,89±0,48	12,21±2,08	13,61±1,63	4,29±0,55	13,03±1,90	**	N.S.	***
Hiperkoleszterémiás zsírsavak (C ₁₂ +C ₁₄ +C ₁₆) (23)	55,36±2,31	54,34±3,32	50,80±5,78	49,29±3,99	54,85±2,78	49,96±4,77	N.S.	N.S.	**
Telített zsírsavak (24)	73,82±1,18	71,24±3,39	73,37±6,00	73,68±3,91	72,53±2,77	73,57±4,79	N.S.	N.S.	N.S.
Egyszeresen telítetlen zsírsavak (25)	25,28±1,15	24,99±0,51	23,47±5,40	21,71±3,18	25,13±0,86	22,49±4,26	N.S.	N.S.	*
Többszörösen telítetlen zsírsavak (26)	2,66±0,10	2,67±0,22	4,02±0,78	5,01±1,18	2,67±0,17	4,57±1,09	N.S.	N.S.	***
Konjugált linolsav (27)	0,41±0,06	0,58±0,02	0,73±0,15	0,95±0,42	0,50±0,10	0,80±0,33	***	N.S.	**
Deszaturáz index (C _{14:1} /C _{14:0}) (28)	0,084±0,015	0,085±0,010	0,012±0,004	0,016±0,005	0,084±0,012	0,014±0,005	N.S.	N.S.	***

N.S.: nincs szignifikáns különbség; *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001, P^{sz}: szignifikáns különbség a két szarvasmarhafajta között; P^k: szignifikáns különbség a két kecskefajta között; P^f: szignifikáns különbség a két faj között (*non significantly difference*, P^{sz}: *significantly difference between two cattle breeds*; P^k: *significantly difference between two goat breeds*; P^f: *significantly difference between two species*)

Table 4. Fatty acid composition of goat and cow milk according to genotypes

Fatty acids(1), Holstein Friesian(2), Hungarian Fleckvieh(3), Alpine(4), Hungarian Improved(5), Cattle(6), goat(7), Caproic acid(8), Caprylis acid(9), Capric acid(10), Lauric acid(11), Myristic acid(12), Myristoleic acid(13), Palmitic acid(14), Palmitoleic acid(15), Stearic acid(16), Oleic acid(17), Linoleic acid(18), Linolenic acid(19), Eicosapentaenoic acid(20), Arachidonic acid(21), Short chain fatty acids(22), Hypercholesterolemic fatty acids(23), Saturated fatty acids(24), Monounsaturated fatty acids(25), Polyunsaturated fatty acids(26), Conjugated linoleic acid(27), Desaturase index(28)

A kecsketejben a rövid szénláncú zsírsavak (C_6 – C_{10}) mennyisége kb. háromszor nagyobb, mint a tehéntejben (tehén: 4,29%, kecske: 13,03%; $P < 0,001$). Ennek azért van jelentősége, mert a rövid szénláncú zsírsavak emészthetősége jobb, mint a többi zsírsavé. A kecsketejet könnyű emészthetőségük miatt csecsemőtápszerekben és beteg emberek ételmezésénél alkalmazzák.

Ramos és Juarez (1986) a $C_{12:0}/C_{10:0}$ arányt javasolja a kecsketej eredetiség megállapításához. Jelen munkában, a kecsketejben a két zsírsav aránya (0,56) hasonló volt Alonso és mtsai. (1999) (0,50) és Iverson és Sheppard (1989) (0,46) eredményeihez kecsketejben. Ezzel szemben a tehéntejben a két zsírsav aránya lényegesen eltér, a vizsgálatainkban ez az érték 1,38 volt, melyhez hasonló értékeket Iverson és Sheppard (1989), illetve Wolf (1995) találtak (1,16; 1,14).

Szignifikáns különbséget ($P < 0,05$) tapasztaltunk az un. egészséget veszélyeztető zsírsavak (laurin-, mirisztin- és palmitinsav) mennyiségében. Ulbricht és Southage (1991) és Williams (2000) megfigyelték, hogy elsősorban a laurin, mirisztin és palmitinsavak felelősek a vérplazma megnövekedett koleszterin, és az alacsony sűrűségű lipoprotein (LDL) koncentrációjáért, míg a többi telített zsírsav (SFA) pl. a sztearinsav, nem. Ezeket a zsírsavakat más néven hiperkoleszterémiás zsírsavaknak nevezik.

A telített zsírsav arányában nem volt különbség a fajok között. A telítetlen zsírsavak közül az egyszerűen telítetlen zsírsavak aránya a tehéntejben volt magasabb ($P < 0,05$), ezzel szemben a telítetlen zsírsavak aránya a kecsketejben volt magasabb ($P < 0,01$).

A kecsketejben nagyobb volt a KLS-tartalom, amely humán táplálkozásbiológiai szempontból rendkívül nagy jelentőségű zsírsav. A KLS a kérődzőkben termelődik, mikor is a linolsavból biohidrogenizáció első lépéseként konjugált linolsav képződik. További fontos zsírsav a linolénsav, melynek fontos szerepe van a kardiovaszkuláris és daganatos megbetegedések megelőzésében. Mint ismeretes, a konjugált linolsavat a kérődzők bendőjében a *Butyrivibrio fibrisolvens* baktérium állítja elő linolsavból. A Δ^9 -deszaturáz aktivitást jelző $C_{14:1}/C_{14:0}$ arány a vizsgált fajták között nem volt eltérés, ezzel szemben jelentős ($P < 0,001$) különbség adódott a két faj között. Vizsgálatunk során legnagyobb arányt a tehéntej (0,088) mutatta összehasonlítva a kecsketejjel (0,016) ($P < 0,001$). Az eredményünk azt mutatja, hogy eltérés tapasztalható a kérődző fajok között a Δ^9 -deszaturáz enzim aktivitása között, vagyis a tehén tejmirigyében nagyobb arányú a Δ^9 -deszaturáz reakció, mint a kecske tejmirigyében. Fontos megjegyezni, hogy bár a Δ^9 -deszaturáz aktivitásban lényeges különbség van a két faj között, ennek ellenére a kecsketejben magasabb a konjugált linolsav koncentráció.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az eredményeink alapján megállapítható, hogy a vizsgált kecske fajták (alpesi, magyar nemesített fehér), valamint szarvasmarha fajták (magyartarka és holstein-fríz) tejének ásványianyag-tartalma és zsírsav-összetétele között nem volt jelentős különbség. Ezzel szemben, jelentős különbséget találtunk a két faj nyershamu-, vas- és réztartalmában, továbbá jelentős eltérést tudtunk kimutatni a két faj zsírsav-összetételében is.

Legjelentősebb különbségeket a rövid szénláncú zsírsavak, a hiperkoleszterémiás zsírsavak (laurin, mirisztin és palmitinsav), a többszörösen telítetlen zsírsavak és a konjugált linolsav esetén találtunk. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kecsketej táplálkozásbiológiai szempontból értékesebb, mint a tehéntej.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Munkánkat a Baross pályázat (OMFB-01174/2006) támogatta.

IRODALOM

- Alonso, L., Fontecha, J., Lozada, L., Fraga, M.J., Juarez, M. (1999): Fatty acid composition of Caprine milk: major, branched-chain, and trans fatty acids. *J. Dairy Sci.*, 82. 878-884.
- Bauman, D.E., Baumgard, L.M., Corl, B.A., Griinari, J.M. (2001): Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. In: Tsiplaku, E., Mountzouris, K.C., Zervas, G. (2006): Concentration of conjugated linoleic acid in grazing sheep and goat milk fat. *Livest. Sci.*, 103. 74-84.
- Belury, M.A. (1995): Conjugated dienic linoleate: a polyunsaturated fatty acid with unique chemoprotective properties. *Nutr. Rev.*, 53. 83-89.
- Claps, S., Pizzillo, M., Di Trana, A., Rubino, R., Cifuni, G.F., Impemba, G. (2007): Effect of goat breed on milk and cheese characteristics. The quality of goat products, Bella, Italy, 24-26 May
- Cook, M.E., Miller, C.C., Park, Y., Pariza, P. (1993): Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poultry Sci.*, 72. 1301-1305.
- Csapó J., Csapóné Kiss Zs., Seregi J. (1986): A kecsketej fehérjetartalma, aminosav-összetétele, biológiai értéke és makro- és mikroelem-tartalma. *Állattenyésztés és Takarmányozás.*, 4. 375-382.
- Csapó J., Csapóné Kiss Zs., Kovách G., Kováts D. (1994): A koca kolosztrumának és tejének összetétele. 1. Közlemény: zsírtartalom, zsírsavösszetétel, vitamin-, makro- és mikroelem-tartalom. *Állattenyésztés és Takarmányozás.*, 43. 5. 415-4330.
- Csapó, J., Stefler, J., Martin, T.G., Makray, S., Csapó-Kiss, Zs. (1995): Composition of mare's colostrum and milk. I. Fat content and fatty acid composition. *Inter. Dairy J.*, 5. 393-402.
- Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban. *Mezőgazda Kiadó, Budapest.* 88-103.
- Delbecchi L., Ahnadi C.E., Kenelly J.J., Lacasse P. (2001): Milk fatty acid composition and mammary lipid metabolism in Holstein cows fed protected or unprotected canola seeds. *J. Dairy Sci.*, 84. 1375-1381.
- FAO (2008): <http://faostat.fao.org/default.aspx> (letöltés: 2008. november 10.)
- Grandison, A. (1986): Causes of variation in milk composition and their effects on coagulation and cheese making. *Dairy Ind. Int.*, 51. 21-24.
- Haenlein, G.F.W. (1995): Nutritional value of dairy products of ewe and goat milk. *Proceedings of the IDF/Greek National Committee of IDF/Cirval Seminar held Crete (Greece).* 159-178.
- Iverson, J.L., Sheppard, A.J. (1989): Detection of adulteration in cow, goat, and sheep cheeses utilizing gas-liquid chromatographic fatty acid data. *J. Dairy Sci.*, 72. 1707-1712.
- Jandal, J.M. (1996): Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.*, 22. 177-185.
- Jennes, R. (1980): Composition and characteristics of goat milk. *Review 1968-1979. Dairy Sci.*, 63. 1605-1630.
- Kondyli, E., Katsiari, M.C., Voutsinas L.P. (2007): Variations of vitamin and mineral contents in raw goat milk of the indigenous Greek breed during lactation. *Food Chem.*, 226-230.
- López M.P., Paseiro L.P., Simal L.J. (1991). Elementos traza en leche natural de vaca. *Aliment.*, 226. 45-47.

- Morales M.S., Palmquist D.L., Weiss W.P. (2000): Milk fat composition of Holstein and Jersey cows with control or depleted copper status and fed whole soyabeans or tallow. *J. Dairy Sci.*, 83. 2112-2119.
- Moreno-Rojas, R., Amaro-López, M. A., and Zurea-Cosano, G. (1993). Micronutrients in natural cow, ewe and goat milk. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 44. 37-46.
- Nicolasi, R.J., Rogers, E.J., Kritchevski, D., Scimeca, J.A., Huth, P.J. (1997): Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherogenesis in hypercholesterolemic hamsters. *Artery.*, 22. 266-277.
- Park, Y.W., Juarez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. (2007): Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.*, 68. 88-113.
- Parkash, S., Jenness, R. (1968): The composition and characteristics of goat milk: Review. *Dairy Sci. Abstr.*, 30. 67-72.
- Pennington, J.A.T., Schoen, S.A., Salmon, G.D., Young, B., Johnson, R.D., Marts, R.W.J.E. (1995): Composition of core foods of the U.S. food supply, 1982-1991II. Calcium, magnesium, iron and zinc. *J. Food. Comp. Anal.*, 8. 129-169.
- Pesek, M., Spicka, J., Samkova, E. (2005): Comparison of fatty acid composition in milk fat of Czech Pied cattle and Holstein cattle. *Czech J. Anim. Sci.*, 50. 122-128.
- Posati, L.P., Orr, M.L. (1976): Composition of Foods, Dairy and Egg Products, Agriculture Handbook. No. 8-1. USDA-ARS, Consumer and Food Economic Institute Publisher, Washington, DC, 77-109. In: Jandal, J.M. (1996): Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.*, 22. 177-185.
- Ramos, M., Juarez, M. (1986): Chromatographic, electrophoretic and immunological methods for detecting mixtures of milks from different species. 175-187. in IDF Doc. 202. *Int. Dairy Fed.*, Brussels, Belgium.
- Rincón, F., Moreno, R., Zurera, G., Amaro, M. (1994): Mineral composition as a characteristic for the identification of animal origin of milk. *J. Dairy Res.*, 61. 151-154.
- Rodriguez, R.E.M., Sanz, M.A., Diaz, R.C. (2001): Mineral Concentrations in Cow's Milk from the Canary Island. *J. Food Comp. Analysis*, 14. 419-430.
- Salamon R., Szakály S., Szakály Z., Csapó J. (2005a): Konjugált linolsav (CLA) – tejtermékek – humánegészség. 1. Alapismeretek és CLA a tejben. *Tejgazdaság*. 65. 4-13.
- Salamon R., Szakály S., Szakály Z., Csapó J. (2005b): Konjugált linolsav (CLA) – tejtermékek – humánegészség. 2. CLA a tejtermékekben és egyes élelmiszerekben. *Tejgazdaság*. 65. 14-21.
- Salamon R., Szakály S., Szakály Z., Csapó J. (2005c): Konjugált linolsav (CLA) – tejtermékek – humánegészség. 3. A CLA és hatásai az emberi szervezetben. *Tejgazdaság*. 65. 22-31.
- Szigeti O., Sente V., Szakály Z. (2005): Fogyasztói megítélés a kecsketej termékek piacán. *Élelmiszer, táplálkozás és marketing*, 2. 1-2. 29-37.
- Ulbright, T.L.V., Southgate, D.A.T. (1991): Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet.*, 338. 985-992.
- Williams, C.M. (2000): Dietary fatty acids and human health. *Ann. Zootechnie.*, 49. 165-180.
- Wójtowski, J., Danków, R., Gut, A., Pikul, J., Slósarz, P., Stanisz, M., Steppa, R. (2001): Fatty acid composition and cholesterol content of sheep and goat milk fat during lactation. *Arch. Tierz.*, 44. Special Issue, 299-308.
- Wolf, R.L. (1995): Content and distribution of trans-18:1 acids in ruminant milk and meat fats. Their importance in European diets and their effect on human milk. *JAACS* 72. 259-272.

Voutsinas, L., Pappas, C., Katsiari, M. (1990): The composition of Alpine goats milk during lactation in Greece. *J. Dairy Res.*, 57. 41-51.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Pajor Ferenc

Szent István Egyetem, Állattenyésztés-tudományi Intézet
2103 Gödöllő, Páter Károly út 1.

*Szent István University, Institute of Animal Husbandry
H-2103 Gödöllő, Páter Károly út 1.*

Tel.: 28-522-000, Fax: 28-410-804

e-mail: pajor.ferenc@mkk.szie.hu



Az eltérő tömegtakarmány és abrak arány hatása magyartarka hízóbikák hizlalási, vágási tulajdonságaira és a húsminőségre

Holló G., Kovács A., Somogyi T., Holló I.

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba Sándor út 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérlet célja az eltérő tömegtakarmány és abrak arány és a lenmagdarás abrak-kiegészítés hatásának vizsgálata magyartarka bikáknál a hizlalási teljesítményre, vágóértékre és a húsminőségre, ezen belül a zsírsav-összetételre. Összesen 30 magyartarka bikát átlagosan 300 kg-os élő súlyban és 275 napos életkorban állítottak hízóba, és három csoportba osztva, eltérő kukoricaszilázs és abrak arányú (A=670:330; B=750:250; C=800:200 g/kg szárazanyag) takarmányadagon hizlalták. A B- és a C-csoportok abrak adagja a hizlalás teljes időszaka alatt 25%-os lenmagdarás kiegészítést tartalmazott. A nagy abrakadagú csoport (A) érte el a legnagyobb súlygyarapodást. A lenmagdarás abrak-kiegészítés többletköltsége tágabb tömegtakarmány és abrak arányú hizlalással csökkenthető. A vágási súly, a vágási kihozatal, a színhús és a faggyú aránya a vágott testben szignifikánsan nem különbözött a csoportok között. A EUROP izmoltsági kategória minden csoport esetében általában U volt. A hasított test csont arányát a takarmányozás szignifikánsan befolyásolta (A: 18,65%; B: 18,41%; C: 17,91%). A vizsgált izmok közül a m. psoas major (PM) intramuszkuláris zsirtartalma szignifikánsan nagyobb volt ($P < 0,05$) mindhárom takarmányozási csoportban. A lenmagdarás csoportokban a palmitinsav- és a palmitoleinsav-tartalom szignifikánsan csökkent ($P < 0,05$), míg a linolénsav az eikozapenténsav és az n-3 zsírsavak összmenyisége szignifikánsan nőtt ($P < 0,05$) mindhárom izomban összehasonlítva az A-csoporttal. A B- és C-csoport bikáinak húsa szignifikánsan ($P < 0,05$) alacsonyabb n-6 és n-3 zsírsav arányt mutatott. Tágabb tömegtakarmány és abrak arány és a lenmagdarás abrak-kiegészítés a hizlalási vágási és csontozási eredményeket lényegesen nem befolyásolja, azonban alacsonyabb hizlalási költséggel kedvezőbb zsírsav-összetételű hús állítható elő.

(Kulcsszavak: magyartarka, tömegtakarmány és abrak arány, lenmag, vágóérték, zsírsav-összetétel)

ABSTRACT

The effect of different forage to concentrate ratio on fattening performance, slaughter value and meat quality of Hungarian Simmental fattening bulls

G. Holló, A. Kovács, T. Somogyi, I. Holló

Kaposvár University, Faculty of Animal Science, H-7400 Kaposvár, Guba Sándor str. 40.

The objective of this trial was to investigate the effect of diets differing in the forage to concentrate ratio with or without linseed supplementation on animal performance and meat quality in terms of fatty acid composition using Hungarian Simmental young bulls. In total,

30 Hungarian Simmental bulls were reared to 300 kg initial live weight and 275 d of age. Animals were distributed into three feeding groups with different maize silage to concentrate ratios (670:330 = A; 750:250 = B; 800:200 = C) based on DM. The low concentrate groups (B and C) received linseed supplemented concentrate during the fattening period. Feeding high concentrate (A) caused the significantly highest daily gain. The higher price of linseed supplemented concentrate can be reduced by the diet with higher forage to concentrate ratio. The slaughter weights, dressing (%), lean (%) and fat (%) did not show any significant differences between feeding groups. Carcass conformation of all groups was assessed mainly as U. Bone proportion of the carcasses was affected by the diet (A: 18.65%; B: 18.41%; C: 17.91%). The tendon proportions were lower in groups B and C but not significantly. Among the three investigated muscles, Psoas major muscle (PM) contained the highest fat concentration in all three feeding groups. In linseed supplemented groups (B and C) the palmitic acid and palmitoleoyl acid proportion was decreased ($P < 0.05$) in all muscles and the linolenic, eicosapentaenoic and the sum of $n-3$ fatty acid ($P < 0.05$) was increased compared to the A group. The beef from groups B and C bulls showed a lower $n-6$ to $n-3$ fatty acids ratio ($P < 0.05$). High forage diet with linseed supplementation did not affect the fattening, slaughter and dressing data, but can be produced meat with lower fattening cost and can be reached an improvement in fatty acid composition.

(Keywords: Hungarian Simmental, forage to concentrate ratio, linseed, slaughter value, fatty acid composition)

BEVEZETÉS

A minőségi marhahús előállításában hazánkban fontos szerepe volt/van a magyartarka szarvasmarha fajtának, köszönhetően a fajta jó súlygyarapodásának és a vágott test kiváló mennyiségi és minőségi jellemzőinek. Napjainkban egyre fontosabb fogyasztói elvárás a kiváló húsmínőség mellett az egészséges zsírsav-összetételű hús előállítása is. A jelenlegi humán táplálkozási irányelvek szerint a többszörösen telítetlen, ezen belül az $n-6$ zsírsavak mennyiségének csökkentése, és az $n-3$ zsírsavak arányának a növelése a cél. Az $n-6$ és az $n-3$ zsírsavak arányát kedvezően változtathatjuk egyrészt, hogy csökkentjük az $n-6$ zsírsavak felvételét, másrészt növeljük az $n-3$ zsírsav-felvételt, vagy mindkettőt. A takarmányból felvehető $n-3$ zsírsavakkal a marhahús $n-3$ zsírsav-tartalmának növelése nehezebb, mint az együregű gyomrú állatok esetében, mert a bendőben végbemenő biohidrogenizáció során a telítetlen zsírsavak telítetté alakulnak át mielőtt a vékonybélből felszívódnának, és beépülnének az állat szervezetébe. Ezen folyamatok pontos ismerete fontos, mert így válik lehetővé a jelenlegi marhahús termelési rendszerek mellett olyan alternatív hizlalási technológiák kidolgozása, melyek révén a jelenlegi fogyasztói igényeknek és a humán táplálkozási irányelveknek megfelelő marhahús állítható elő. Magyarországon a kukoricaszilázsra alapozott takarmányozás az elterjedt hizlalási módszer. Kukoricaszilázsra alapozott hizlalással előállított marhahús zsírsav-összetételében a linolsav aránya jelentős, így az $n-6$ és $n-3$ zsírsavak aránya kedvezőtlen a húspan (Holló és mtsai., 2001). Az $n-3$ zsírsavak arányának növelése lenmagdarás abrak-kiegészítéssel – a bendőben végbemenő biohidrogenizáció ellenére – járható út (Holló és mtsai., 2005). Szakirodalmi adatok alapján elmondható, hogy a biohidrogenizáció mértéke egyrészt az abrak arány növelésével (Kucuk és mtsai., 2001), másrészt a tömegtakarmány és az abrak arány változtatásával (Lee és mtsai., 2006) is befolyásolható.

Az egészséges marhahús előállításához szükséges alternatív stratégiák kidolgozásakor, ugyanakkor arra is tekintettel kell lenni, hogy a hizlalás költségei jelentős mértékben ne emelkedjenek, a vágott test mennyiségi és minőségi tulajdonságai ne változzanak meg, és nem

utolsó sorban a húsminőségi jellemzőket se befolyásolja kedvezőtlenül a humán táplálkozás szempontjából kívánatos zsírsavak mennyiségének növelése a húsban. Mindezen célok megvalósítása a minőségi marhahús előállításakor a tenyésztő, a húsipar szereplői és a fogyasztó számára is garanciát jelentenek. Ebből kiindulva célul tűztük ki az optimális tömeg-takarmány és abrak arány meghatározását magyartarka bikák esetében, figyelembe véve a humán táplálkozási irányelveket, valamint a hizlalás gazdaságosságát befolyásoló tényezőket is.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérleti állomány takarmányozása és próbavágása

Vizsgálataink során 30 magyartarka bikát átlagosan 300 kg-os élősúlyban és 275 napos életkorban állítottunk hizóba, és három csoportba osztva, eltérő tömegtakarmány és abrak arányú ($A=670:330$; $B=750:250$; $C=800:200$ g/kg szárazanyag) takarmányadagon hizlattuk. A *B*- és a *C*-csoportok abrak adagja 25%-os lenmagdarás kiegészítést tartalmazott. Az egyes takarmányfélések beltartalmi értékeit az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat

A takarmányok kémiai-, ásványianyag- és zsírsav-összetétele

%	Kukoricaszilázs (1)	Fűszéna (2)	Abrak (3)	Abrak 25%-os lenmagdarával (4)
Szárazanyag(5)	32,80	94,40	89,85	89,14
Nyersfehérje(6)	2,80	8,50	15,15	15,10
Nyerszsír(7)	0,9	1,10	4,21	11,86
Nyersrost(8)	7,30	30,30	11,71	10,90
Nyershamu(9)	1,5	6,20	7,00	5,68
Ca	1,5	3,77	0,70	0,75
P	0,82	2,68	0,55	0,42
Mg	0,83	1,13	0,55	0,43
K	3,06	14,66	0,95	0,80
Na	0,01	0,273	0,60	0,55
Mn	9,8	31	56,67	56,67
Cu	1,6	4,40	12,05	12,05
Zn	6,0	19,30	71,98	71,98
Fe	44,0	106	37,90	37,90
Se	-	-	0,29	0,29
C12:0	0,70	3,31	0,02	0,02
C14:0	1,03	2,090	0,19	0,23
C16:0	21,22	38,37	22,46	13,28
C18:0	3,66	6,73	2,68	4,57
C18:1 cis	19,90	14,81	23,07	22,82
C18:2 <i>n</i> -6	44,89	13,12	47,18	18,37
C18:3 <i>n</i> -3	3,45	4,64	2,28	39,45

Table 1. Chemical and mineral composition and fatty acid profile of feedstuff

Maize silage(1), Grass hay(2), Concentrate(3), Concentrate with linseed(4), Dry matter(5), Crude protein(6), Crude fat(7), Crude fiber(8), Crude ash(9)

A kísérleti állomány hizlalása a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Tan- és Kísérleti Üzemében történt. A kísérletbe vont egyedek 3–6 apától származtak. Az állatok növekedését, élősúlyváltozását havi mérlegeléssel ellenőriztük. A hizlalási végsúlyt valamennyi csoport esetében 620 kg-ban határoztuk meg. Az előírt hizlalási végsúlyt elérő egyedeket a Délhús Rt. bajai vágóhidján próbavágtuk a Magyar Szabvány előírásai szerint (MSZ 6935-77, 1977). A próbavágás során mértük a vágás előtti élősúlyt, a hasított féltestek súlyát melegen és hidegen, a vesefaggyú mennyiségét, valamint feljegyeztük az EUROP minősítés eredményét. A 24 órás hűtés után a jobb oldali féltestek kicsontozásával megállapítottuk a főbb szöveti összetevők (hús, csont, faggyú, ín) mennyiségét, valamint ezek arányát a jobb oldali féltest hidegen mért súlyához viszonyítva.

A marhahús intramuszkuláris zsírtartalmának, zsírsav-összetételnek meghatározása céljából három első osztályú húsrészből (rostélyos, vesepecsenye, fehérpecsenye), azaz három ún. indikátor izomból (*musculus longissimus dorsi*- LD, *musculus psoas major* PM, *musculus semitendinosus*- ST) húsmintát vettünk.

Mind a húsminták, mind a takarmányok laboratóriumi vizsgálatára a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar Kémiai-Biokémiai Tanszékének Analitikai Laboratóriumában került sor. A feldolgozás kezdetéig a húsmintákat -20 C°-on tároltuk. A kémiai összetétel meghatározása céljából szövetek ledarálásával homogén minták készültek. A kémiai analízis során a nyerszsírtartalmat a magyar szabvány (MSZ ISO -1444) szerint határoztuk meg. A zsírsav-összetétel vizsgálat *Csapó és mtsai.* (1995) módszere szerint történt.

Statisztikai értékelés

A statisztikai alapadatok (átlag, szórás, standard hiba SE) értékelésén túlmenően a fajta illetve az izom típus hatását az SPSS programcsomag többváltozós varianciaanalízis általános lineáris modelljének (GLM) III. típusának segítségével vizsgáltuk. A csoportok közötti különbségeket a legkisebb szignifikáns eltérés (Least Significant Difference) teszt segítségével értékeltük. Az EUROP minősítés eredményét mind az izmoltság, mind a faggyúság tekintetében 15 pontos skálán értékeltük. A kiváló izmoltságot mutató féltest az E+=15, a nagyon rossz izmoltság P-=1; a gyenge faggyúság 1-=1; a nagyon faggyús féltest; 5+=15. A statisztikai elemzés során a zsírsavakat csoportosítva (SFA, MUFA, PUFA, n-3, n-6), szerepeltettük.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Hízékonysági eredmények

Az átlagos beállítási élősúly (300 kg) szignifikánsan nem különbözött a csoportok között (2. táblázat). A leghosszabb hizlalási időtartamot és a legkisebb hizlalási végsúlyt a 750:250 arányú csoport érte el. A hizlalás végi élősúlyban nem, de a hizlalás végi életkorban már szignifikáns eltérések mutatkoztak.

Az átlagos napi súlygyarapodás 1090–1180 g/nap között alakult. *Polgár* (2007) 1116 g/nap élelnapi súlygyarapodásról számol be 18 hónapos korban levágott magyartarka bikáknál, kukoricaszilázsra és mérsékelt abrak-kiegészítésre alapozott takarmányozás esetében. Ez az eredmény megegyezik a C-csoport értékével (1180 g/nap), ugyanakkor elmarad attól az értéktől, melyet *Szabó és mtsai.* (2008) közöltek magyartarka bikák (1,28 kg/nap) esetében. Ennek oka az lehet, hogy kísérletünkhöz képest az ő esetükben a hizlalás intenzitása nagyobb volt.

2. táblázat

A hizlalási teljesítmény

Megnevezés (1)	Csoportok (2)			Átlag (3)	SE
	A (670:330)	B (750:250)	C (800:200)		
Beállítási élősúly, kg (4)	303,30	298,50	298,40	300,07	20,26
Hizlalási végsúly, kg (5)	625,00	616,90	617,20	619,70	16,93
Hizlalási napok száma (6)	250,70	269,30	256,90	258,96	11,80
Életkor a hizlalás végén, nap (7)	533,40a	565,70a	552,30b	550,47	9,76
Napi súlygyarapodás, g/nap (8)	1180a	1090b	1120ab	1130	0,04

Table 2. The fattening performance

Item(1), Groups(2), Mean(3), Initial live weight(4), Final weight(5), Number of fattening day(6), Final age(7), Daily gain(8)

Jelen kísérletben a nagyobb tömegtakarmány abrak arány a lenmagdarás kiegészítéssel alacsonyabb napi súlygyarapodást és vágási súlyt eredményezett. *Marino és mtsai.* (2006) szintén nagyobb napi súlygyarapodást tapasztaltak a nagyobb abrak (600:400) arányú podóliai bikacsoportban, mint az alacsony abrak arányú (700:300) csoportban, nem találtak viszont szignifikáns eltérést a csoportok vágási súlyában, a vágott test súlyában és a vágási kihozatalban. *Lovett és mtsai.* (2003) megállapították, hogy a 650:350 tömegtakarmány és abrak arányt 100:900 arányra változtatva, szignifikánsan megnőtt a súlygyarapodás és a csontos hústermelés, ugyanakkor a kakaóvaj-kiegészítés számottevően nem befolyásolta a hizlalási teljesítményt. *Aharoni és mtsai.* (2004) holstein-fríz növendékbikák esetében a tág, illetve a szűk tömegtakarmány és abrak arányú csoportok között nem tapasztaltak szignifikáns eltérést sem a súlygyarapodásban, sem a vágási súlyban és életkorban, valamint a lenmagdara kiegészítésnek sem volt kimutatható hatása. *Noci és mtsai.* (2005) szintén arra a következtetésre jutottak, hogy a tömegtakarmány típusa és az olajos mag kiegészítés (napraforgó) nem befolyásolja a hizlalási mutatókat. A lenmagdara kiegészítés kukoricaszilázsra (*Barton és mtsai.*, 2007), illetve legelőfüre alapozott (*Razminowicz és mtsai.*, 2008) hizlalás számottevően nem befolyásolja a növekedési erélyt.

A csoportok takarmányfogyasztása és a hizlalás gazdaságossága

A 3. táblázatban mutatjuk be az egyes csoportok takarmányfogyasztását és a takarmányok költségét. A beállított tömegtakarmány és abrak aránynak megfelelően a legkevesebb kukoricaszilázs, és legtöbb abrakfogyasztást a kontrollcsoport esetében mértünk. Az elfogyasztott széna mennyisége mindhárom csoportban azonos volt. Az elfogyasztott abrak mennyisége a lenmagdarás csoportokban átlagosan 2,3 és 2,7 kg volt, 1 illetve közel 0,6 kg-mal kevesebb, mint a kontrollcsoporté. A napi átlagos szárazanyag-felvétel 10 kg volt, a lenmagdarás csoportok súlygyarapodásra számított nettó energiája nagyobb volt, a lenmagdarás abrak kétszer nagyobb arányú nyersfehérjéjének köszönhetően.

3. táblázat

A takarmányfogyasztás és költségek

Tulajdonság (1)	Csoportok (2)			Átlag (3)
	A (670:330)	B (750:250)	C (800:200)	
Takarmányfelvétel (4)				
Silókukorica szilázs, kg/nap/egyed (5)	19,64	20,99	22,59	21,07
Széna, kg/nap/egyed (6)	1	1	1	1
Abrak, kg/nap/egyed (7)	3,30	2,72	2,29	2,77
Szárazanyag felvétel kg/egyed (8)	2542,10	2701,08	2607,54	2542,10
Szárazanyag felvétel kg/nap/egyed (9)	10,14	10,03	10,15	10,14
NE MJ/ kg Sza (10)	10,56	11,26	11,15	10,56
Takarmányköltség (11)				
Silókukorica szilázs költség, Ft/nap/egyed (12)	98,20	104,95	112,95	105,367
Széna költség, Ft/nap/egyed (13)	12,50	12,50	12,50	12,50
Abrak költség, Ft/nap/egyed (14)	247,5	274,72	231,29	251,17
Összes takarmányköltség: Ft/nap/egyed (15)	358	392	357	369

Table 3. The feed consumption and costs

Traits(1), Groups(2), Overall Mean(3), Feed consumption(4), Maize silage kg/day/animal(5), Hay kg/day/animal (6), Concentrate kg/day/animal(7), Dry matter intake kg/animal(8), Dry matter intake kg/day/animal (9), NE MJ/kg DM(10), Feed cost(11), Maize silage cost(12), Hay cost(13), Concentrate cost(14), Total feed cost HUF day/animal (15)

A takarmányköltségből a kukoricaszilázs költsége a tágabb tömegtakarmány és abrak arányú csoportokban 7, illetve 15%-kal volt nagyobb a kontrollcsoport értékeihez képest. Az abrakköltség viszont a legkevesebb abrakot kapó csoportban kisebb, mint a kontrollcsoportnál jelentkező költség annak ellenére, hogy a lenmagdarás abrak 26 Ft-os többletköltséget jelentett kilogrammonként. A takarmányok összköltségét tekintve a kontrollcsoport összköltsége, gyakorlatilag megegyezik a 800:200 tömegtakarmány és abrak arányú lenmagdarás csoport értékével. Ez alapján elmondható, hogy a lenmagdara kiegészítés többletköltségét ellensúlyozni lehet, ha a tágabb tömegtakarmány és abrak arányú hizlalási technológiát választjuk.

Vágási és csontozási eredmények

A csoportok vágási súlya 577 és 585 kg között változott (4. táblázat). A négy lábvég, a bőr, a meleg féltestek, és a jobboldali hideg féltest súlya a kontrollcsoportban volt a legnagyobb. A hasított test csont arányát a takarmányozás szignifikánsan befolyásolta (A: 18,65%; B 1: 18,41%; C: 17,91%). A tágabb tömegtakarmány és abrak arány, és a lenmagdara kiegészítés kedvezőbb vágási kihozatalt, valamint több színhúst és faggyút eredményezett a vágott testben. A legtágabb tömegtakarmány és abrak arányú (800:200), lenmagdarás C-csoportban mértük a legtöbb vesefaggyút, emellett a jobb oldali féltest

faggyútartalma is ebben a csoportban volt a legnagyobb. Hasonló eredményről tudósít Maddock és mtsai. (2006), eredményeik szerint a lenmagdaras kiegészítés hatására a kivágott faggyú mennyisége nő a vágott testben. A kontrollcsoport vágási kihozatala teljesen megegyezik a magyartarka fajtában korábban (Polgár és mtsai., 2004) közölt értékkel (58,62%, n=244). A színhús százalék a legkedvezőbbben a B takarmányozási csoportban alakult.

4. táblázat

Vágási és csontozási eredmények

Megnevezés(1)	Csoportok(2)			Átlag (3)	SE
	A (670:330)	B (750:250)	C (800:200)		
Vágási súly, kg (4)	584,70	581,40	576,80	580,97	13,36
Vesefaggyú, kg (5)	7,42	7,19	7,65	7,42	1,05
Négy lábvég, kg (6)	12,01	11,95	11,85	11,94	0,34
Fej, kg (7)	15,41	15,66	15,16	15,41	0,43
Bőr, kg (8)	52,60	52,01	51,70	52,10	2,42
Meleg féltettek súlya, kg (9)	342,72	341,96	339,84	341,51	9,22
Vágási kihozatal, % (10)	58,62	58,82	58,93	58,79	0,79
EUROP izmoltság (11)	10,20	9,80	10,00	10,00	0,75
EUROP faggyúság (12)	5,00	5,40	4,90	5,10	0,63
Jobb oldali féltest hidegen mért súlya, kg (13)	169,37	168,38	166,95	168,23	4,64
Színhús, % (14)	71,68	71,85	71,81	71,78	1,01
Csont, % (15)	18,65a	18,41a	17,91b	18,32	0,41
Faggyú, % (16)	8,58	8,65	9,23	8,82	1,00
Ín, % (17)	1,15	1,10	1,08	1,11	0,10

Table 4. Slaughter and dressing results

Item(1), Groups(2), Mean(3), Slaughter weight(4), Kidnes fat(5), Four feet(6), Head(7), Hide(8), Hot carcass weight(9), Killing out(10), EUROP meatiness(11), EUROP fatness(12), Right half carcass weight(13), Lean meat(14), Bone(15), Fat(16), Tendon(17)

A vágási eredményeket az eltérő tömegtakarmány és abrak arány, valamint a lenmagdara kiegészítés szignifikánsan nem befolyásolta. Hasonló eredményről számolt be Bartle és mtsai. (1994), holstein-fríz szarvasmarhák meleg féltesteinek súlyát, vágási százalékát, valamint a EUROP szerinti izmoltsági osztályba sorolását, a repce vagy a lenmagos abrak-kiegészítés nem befolyásolta szignifikánsan (Mach és mtsai., 2006). Az 5%-os lenmagdara kiegészítés a takarmányadagban a vágott testek USDA minősítés szerinti osztályba sorolását viszont kedvezően változtatta (Drouillard és mtsai., 2004).

A faggyúság szerint a tágabb tömegtakarmány és abrak arányú csoportok kevésbé voltak faggyúsak, míg az izmoltsági kategóriákban a legtöbb abrakot fogyasztó kontrollcsoportban mutatta a legnagyobb eredményt. Polgár és mtsai. (2005) eredményei szerint a magyartarka bikák ivadékvizsgálati tesztelésben U és R izmoltsági kategóriába sorolhatók. Összehasonlítva a csontozási adatokkal az EUROP minősítést,

megállapítható, hogy faggyúság esetében ellentétes, míg a húsosság vonatkozásában hasonló eredményeket ad a két módszer.

Intramuskuláris zsírtartalom és zsírsav-összetétel

A nagyobb tömegtakarmány és abrak arány lenmagdara kiegészítéssel a szárazanyag- és az intramuskuláris zsírtartalom növekedését eredményezte mindhárom izomban (5. táblázat), bár az eltérések nem szignifikánsak. A vesepecsenyében (*m. psoas major*=PM) szignifikánsan nagyobb szárazanyag- és zsírtartalmat mértünk, mint a másik két izomban, ennek oka az izmok különböző anyagcsere típusában rejlik (*Purchas és Zou, 2008*).

5. táblázat

A vizsgált izmok szárazanyag- és intramuskuláris zsírtartalma

Izom(1)	Csoportok(2)				SE	P		
	A (670:330)	B (750:250)	C (800:200)	Átlag (3)		T	I	TxI
Szárazanyag % (4)								
LD	24,91	24,87	25,27	25,02a	0,438	NS	***	NS
ST	23,73	23,77	24,42	23,97b	0,438	NS	***	NS
PM	25,36	25,68	26	25,68a	0,438	NS	***	NS
Zsír % (5)								
LD	2,00	2,3	2,47	2,26a	0,434	NS	***	NS
ST	1,20	1,62	1,78	1,53b	0,434	NS	***	NS
PM	3,16	4,11	3,49	3,58c	0,434	NS	***	NS

T: takarmányozás (*T:diet*); I: izom (*I:muscle*); T x I: takarmányozás x izom (*T x I: diet x muscle*); NS: nem szignifikáns (*Not significant*); *** P<0,001

Table 5. Dry matter and intramuscular fat content of examined muscles

Muscle(1), Groups(2), Mean(3), Dry matter(4), Fat(5)

A 2 és 5% közötti zsírtartalmú marhahús a humántáplálkozás szempontjából kedvező hatású. A marhahús zsírtartalmában jelentkező eltérések egyrészt tekinthetők a fajta hatásának (*Scollan és mtsai., 2006*), mert a későn érő fajták húsa (fehér-kék belga, limousin) kevesebb intramuskuláris zsírt tartalmaz, szemben a korán érő húsfajtákkal (angus, japán fekete), másrészt a hizlalás intenzitása és az izom típus is szignifikánsan befolyásolja (*Dannenberger és mtsai., 2006*). A cseh tarka marha intramuskuláris zsírtartalma 2,1 és 2,8% között változott *Zapletal és mtsai. (2009)* eredménye szerint. A magyartarka esetében eredményeinkkel megegyező értékekről ír *Somogyi (2009)*, a *m. semitendinosusban* 1,62, a *m. longissimus dorsiban* 2,41 és a *m. psoas majorban* pedig 2,61%-os intramuskuláris zsírtartalmat mért. A 6. táblázat mutatja be a vizsgált izmok zsírsav-összetételét.

Számos tanulmány foglalkozott a szimentáli fajtakörbe tartozó szarvasmarhák hújának zsírsav-összetételével (*Reichardt és mtsai., 1997; Holló és mtsai., 2001; Šubrt és mtsai., 2006; Zapletal és mtsai., 2009*), ezekben a közleményekben az eltérő tömegtakarmány és abrak arány és a lenmagdaras kiegészítés együttes hatását azonban nem vizsgálták. *Andrae és mtsai. (2001)* arra a következtetésre jutottak, hogy a tömegtakarmány és abrak arány kismértékű változtatása lényeges eltérést a zsírsav-összetételben nem okoz.

6. táblázat

**A m. longissimus dorsi (LD), m.semitendinosus(ST), m. posas major(PM)
zsírsav-összetétele**

%	Csoportok(1)									SE	Hatás (2)
	A 670:330			B 750:250			C 800:200				
	LD	ST	PM	LD	ST	PM	LD	ST	PM		
C12:0(3)	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,01	
C14:0(4)	1,93	2,01	1,97	1,82	1,77	1,86	2,16	1,94	2,04	0,12	
C14:1(5)	0,26	0,29	0,20	0,25	0,22	0,17	0,32	0,26	0,23	0,03	I
C16:0(6)	24,13	24,43	23,45	22,46	22,79	22,08	23,67	23,38	23,03	0,49	T
C16:1(7)	2,57	2,46	1,74	2,14	1,87	1,44	2,43	2,04	1,81	0,17	T, I
C18:0(8)	18,73	18,94	22,66	19,90	21,03	24,17	19,60	20,64	23,31	0,85	I
C18:1 α (9)	5,23	5,25	6,36	5,76	6,03	6,71	5,46	5,58	6,63	0,33	I
C18:1 ϵ (10)	35,18	35,07	32,12	34,71	34,22	31,33	35,54	34,65	32,38	1,01	I
C18:2n-6(11)	6,71	5,98	6,28	6,50	6,03	6,23	5,29	5,66	5,25	0,75	
C20:0(12)	0,09	0,08	0,11	0,15	0,16	0,17	0,11	0,12	0,12	0,03	
C20:1(13)	0,19	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,19	0,19	0,17	0,02	T
C18:3n-3(14)	0,45	0,36	0,40	1,18	1,01	1,05	0,95	0,91	0,91	0,13	T
KLS (15)	0,82	0,76	0,68	0,90	0,77	0,83	0,88	0,67	0,71	0,08	
C20:3n-6(16)	0,43	0,56	0,41	0,32	0,38	0,31	0,29	0,41	0,27	0,06	T, I
C20:3n-3(17)	0,11	0,16	0,11	0,17	0,13	0,10	0,12	0,14	0,09	0,03	
C20:4n-6(18)	1,44	1,54	1,21	1,51	1,29	1,13	1,06	1,35	0,93	0,24	
C20:5n-3(19)	0,05	0,02	0,02	0,19	0,14	0,13	0,21	0,13	0,09	0,05	T
SFA(20)	46,45	47,20	50,17	46,05	47,54	50,21	47,20	47,87	50,41	1,08	I
MUFA(21)	43,42	43,28	40,60	43,03	42,49	39,78	43,95	42,72	41,22	1,17	I
PUFA(22)	10,12	9,52	9,22	10,93	9,86	9,91	8,96	9,41	8,38	1,09	
Σ n-3 (23)	0,60	0,53	0,53	1,53	1,28	1,27	1,29	1,19	1,09	0,16	T
Σ n-6 (24)	8,69	8,22	8,01	8,50	7,81	7,81	6,80	7,55	6,57	1,02	
P/S(25)	0,22	0,21	0,19	0,24	0,21	0,20	0,19	0,20	0,17	0,03	
n-6/n-3 (26)	19,78	9,09	7,93	7,04	7,35	7,30	6,63	7,52	7,12	2,8	T
Δ -9 C16:0(27)	9,55	9,09	6,88	8,73	7,60	6,12	9,25	7,93	7,18		I
Δ -9 C18:0(28)	65,24	64,90	58,67	63,58	61,82	56,48	64,43	62,59	58,09		I

Table 6. The fatty acid composition of *m. longissimus dorsi* (LD), *m.semitendinosus*(ST), *m. posas major*(PM)

Groups(1), Effect(2), Lauric Acid(3), Myristic Acid(4), Myristoleic Acid(5), Palmitic Acid(6), Palmitoleic Acid(7), Stearic Acid(8), Elaidic Acid(9), Oleic Acid(10), Linoleic acid(11), eicosanoic acid(12), Eicosenoic acid(13), Alfa-Linolenic acid(14), Conjugated linoleic acid(15), Dihomo-gamma-linolenic acid (16), Eicosatrienoic acid(17), Arachidonic acid (18), Eicosapentaenoic acid (19), Saturated fatty acid(20), Monounsaturated fatty acid(21), Polyunsaturated fatty acid(22), Sum of n-3 fatty acids(23), Sum of n-6 fatty acids(24), Ratio of polyunsaturated fatty acids and saturated fatty acids(25), Ratio of n-6 and n-3 fatty acids(26), Δ -9 Desaturase index (C16:0)(27), Δ -9 Desaturase index (C18:0)(28)

Az eltérő takarmányozás hat zsírsav esetében okozott szignifikáns eltérést. A lenmag (*Linum usitatissimum*) az olajos magvak közé tartozik, nyerszsírtartalmának 50%-a linolénsav (Daun és Pryzbylski, 2000). Ez az n-3 vagy más néven omega-3 zsírsav a humán immun választ stimuláló hatású és csökkenti a kardiovaszkuláris megbetegedés kockázatát (Connor, 2000). A lenmagdarás abrak-kiegészítés két n-3 zsírsavnál, a linolénsavnál (C18:3 n-3) és az eikozapenténsavnál (C20:5 n-3) mindhárom izom

esetében szignifikáns különbségeket eredményezett. A palmitinsav (C16:0) és palmitoleinsav (C16:1)-tartalom mindhárom izom esetében a tágabb tömegtakarmány és abrak arányú lenmagdarás csoportokban (B- és C-csoport) kisebb volt. *Noci és mtsai.* (2007) véleménye szerint a nagyobb arányú PUFA bevitel a takarmányban csökkenti a palmitinsav arányát a húsban. *Williamson és mtsai.* (2005) a C16:0 zsírsavat kevésbé tartják potenciálisan koleszterinszintet emelő hatásúnak, mint a C14:0 zsírsavat. *Zapletal és mtsai.* (2009) a C14:0 és C16:0 zsírsavak esetében cseh tarkánál 2,9 illetve 29 g/100 g-os értékről számolnak be, kukorica szilázsra alapozott hizlalás esetében. Ennél kisebb értékeket kaptunk kísérletünkben, hasonló eredményekről írt *Petrič és mtsai.* (2005) szlovén tarka, illetve *Nürnberg és mtsai.* (2005) német tarka marha esetében.

A sztearinsav (C18:0) és a C18:1 transz zsírsav aránya viszont nagyobb volt a B- és a C-csoportokban mindhárom izom esetében. A sztearinsav a biohidrogenizációs folyamat végterméke, míg a C18:1 transz zsírsav (elaidinsav vagy oktadecénsav) a legnagyobb mennyiségben képződő intermedier zsírsav a biohidrogenizáció során. Az eikozatriénsav (C20:3 *n*-6) és az arachidonsav (C20:4 *n*-6) aránya a kontrollcsoporthoz képest a B- és C-csoportban kisebb volt mindhárom vizsgált izomban. A linolsavtartalom (C18:2 *n*-6) a B-csoport fehérpecsenyében kissé meghaladta a kontrollcsoport értékét, a másik két izomban viszont a két másik *n*-6 zsírsav arányának változásával megegyező tendenciát mutatott. A konjugált linolsav (KLS) arányát a takarmányozás statisztikailag igazolhatóan nem befolyásolta, ennek ellenére a kontrollcsoporthoz képest a hosszú hátizomban és a vesepecsenyében nőtt az aránya, míg a fehérpecsenyében a legtágabb tömegtakarmány és abrak arányt fogyasztó C-csoportban kisebb volt, mint a kontrollcsoportban mért érték. *Hristov és mtsai.* (2005) eredményei szerint a KLS-tartalmat a húsban a linol- illetve olajsavban gazdag abrakkiegészítés nem befolyásolta szignifikánsan. *Ludden és mtsai.* (2009) szintén nem tudtak szignifikáns KLS arány növekedést kimutatni eltérő idejű szójaolajos kiegészítés mellett. A konjugált linolsav mennyiségének növelésére a napraforgó olaj kiegészítés alkalmasabb, mint a lenmagolajjal történő kiegészítés (*Sarriés és mtsai.*, 2009).

A takarmányozás hatásánál erősebbnek bizonyult az izom típusa összesen nyolc zsírsav esetében tapasztaltunk szignifikáns eltérést a vesepecsenye (*m. psoas major*) és a másik két izom (hosszú hátizom, félig inas izom) zsírsav-tartalma között. A telített zsírsavak aránya a rostélyosban 47 és 48%, míg a fehérpecsenyében 48 és 48,5% között változott, ennél szignifikánsan ($P < 0,001$) nagyobb arányú SFA-t mértünk a vesepecsenyében.

Az egyszerűen telítetlen zsírsavak aránya a telített zsírsavak arányához képest ellentétes tendenciát mutatott, vagyis a vesepecsenyében szignifikánsan ($P < 0,007$) kisebb arányú MUFA volt. Az eltérő takarmányozás ugyanakkor, sem a telített, sem a telítetlen zsírsavak arányát szignifikánsan nem befolyásolta. Az elfogyasztott zsírmennyisége helyett, inkább ma már a bevitt zsír minőségét sokkal fontosabbnak tartják (*Webb és O'Neill*, 2008), ugyanis az egyszerűen telítetlen és többszörösen telítetlen zsírsavak helyes arányának bevitelére sokkal fontosabb a középkorú férfiaknál a szív- és érrendszeri betegségek kockázatának csökkentésében, mint az összes zsírbevitel (*Laaksonen és mtsai.*, 2005; cit *Webb és O'Neill*, 2008). A MUFA-tartalom 43 és 44% volt a rostélyosban és a fehérpecsenyében, míg a vesepecsenyében 40–41% között mozgott az egyes csoportokban. A PUFA arányát szignifikánsan sem a takarmányozás sem az izom típusa nem befolyásolta. A rostélyosban 8 és 10% között, a fehérpecsenyében 8,7 és 9% között, míg a vesepecsenyében 7,7 és 9% között mozgott.

Zapletal és mtsai (2009) 50% körüli SFA-, 47% MUFA- és 3%-os PUFA-tartalmat mértek cseh tarka marha esetében. Saját vizsgálatunkban az SFA és MUFA értéke ennél

kisebb, míg a PUFA értéke nagyobb volt. Az $n-3$ zsírsavak arányát szignifikánsan befolyásolta a takarmányozás ($P < 0,001$), míg nem volt kimutatható hatása az izom típusának. Mach és mtsai. (2006) megállapították, hogy a lenmagdarás abrak-kiegészítéssel intenzíven (kukoricával) hizlalt marhák esetében növelhető az $n-3$ zsírsavak aránya a húsban, míg a súlygyarapodás, bendő fermentáció és a vágott test minősége lényegesen nem változik. A kontrollcsoporthoz képest a 750:250 tömegtakarmány és abrak arányú csoportban 2,5-szeresére, míg a 800:200 tömegtakarmány és abrak arányú C-csoportban 2-szeresére nőtt az $n-3$ zsírsavak aránya a húsban. Mindez egybevág Kronberg és mtsai. (2006) eredményeivel, angus és hereford marhák húsában lenmagdarás kiegészítéssel kétszeresére növelhető az $n-3$ zsírsavak aránya. Szakirodalmi adatokkal megegyezően az $n-6$ zsírsavak arányát a lenmagdarás kiegészítés szignifikánsan nem változtatta meg. Ugyanakkor megfigyelhető az a tendencia, hogy az $n-6$ zsírsavak aránya a kontrollcsoporthoz képest a tágabb tömegtakarmány és abrak arányú, lenmagdarás kiegészítést kapó csoportokban kisebb. Az $n-6$ zsírsavak aránya a legkisebb a C-csoportban, vagyis a legtágabb tömegtakarmány és abrak arányú lenmagdarás csoportban (800:200) mindhárom vizsgált izom esetében.

A PUFA/SFA arány 0,15 és 0,22 között változott. A takarmányozás hatása mellett az izom típusa sem volt igazolható hatása a PUFA/SFA arányra. A legkedvezőbb értéket a B-csoport (750:250) hosszú hátizmában (LD) mértünk, míg a legkedvezőtlenebb arányt a C-csoport vesepecsenyéje (PM) esetében tapasztaltunk. A többszörösen telítetlen és telített zsírsavak aránya (P/S) nem változott szignifikánsan, ez megegyezik Raes és mtsai (2004) eredményével, vagyis az $n-3$ zsírsavban gazdag takarmány-kiegészítés nincs hatással a P/S arányra, ezt főleg az állat genetikai háttere, de leginkább azt annak faggyússága befolyásolja. Ezzel szemben az $n-3$ zsírsavak és ebből következően az $n-6/n-3$ arány szignifikánsan befolyásolható $n-3$ zsírsavakban gazdag abrak-kiegészítéssel. Európában jelenleg elterjedt az istállóban tartott, kukoricaszilázsra és vagy fűszénázra alapozott takarmányozás, az abrak pedig gyakran nagy mennyiségű szóját tartalmaz (Mahecha és mtsai., 2009). A nagy arányban kukoricaszilázsra alapozott hizlalással előállított marhahús zsírsav-összetételében a linolsav aránya jelentős, így az $n-6$ és $n-3$ zsírsavak aránya kedvezőtlen (O'Sullivan és mtsai., 2002). Hasonló a helyzet, ha szóját nagy mennyiségben tartalmazó abrakkal takarmányozzuk az állatokat, ebben az esetben is jelentős növekedés figyelhető meg az $n-6$ zsírsavak mennyiségében, és kedvezőtlen lesz az $n-6$ és $n-3$ zsírsavak aránya a húsban (Kim és mtsai., 2007).

A kontrollcsoport 19 és 19,8-as $n-6/n-3$ zsírsav aránya a tágabb tömegtakarmány és abrak arányú lenmagdarás kiegészítést kapó csoportokban lényegesen csökkent ($P < 0,001$), és ezekben a csoportokban 6,6 és 7,5 volt az $n-6$ és $n-3$ zsírsavak aránya (8. ábra). Az eltérő takarmányozás hatása mellett kimutatható volt az izom típus hatása ($P < 0,05$) is.

Az omega-3 ($n-3$) zsírsavak – különösen a C20:5 $n-3$ (EPA) és C22:6 $n-3$ (DHA) – jótékony hatása a szív és érrendszerre (Simopoulos, 1999; Lee és Lip, 2003), valamint fontos szerepet játszanak az agy fejlődésében, a látásban és az immunválaszban (Connor, 2000). Az étrendben ezért ajánlott a telített zsírsavak csökkentése a telítetlen zsírsavak növelése mellett, főként az $n-3$ zsírsavak arányának növelése javasolt. Wijendran és Hayes (2004) véleménye szerint a humán étrendben az $n-6$ és $n-3$ zsírsavak arányának hosszabb időszakon át 6 körülnek kell lennie, és hangsúlyozzák azt is, hogy az arány mellett a ténylegesen bevitt mennyiség is fontos. Az $n-6/n-3$ arány majdnem harmadára csökkent a B- és C-csoportokban, ez jóval kedvezőbb a humán táplálkozás szempontjából, mint a kontrollcsoport értékei. A lenmagdarás csoportokban az $n-6/n-3$ arányt nem befolyásolta lényegesen az eltérő tömegtakarmány és abrak aránya, valamint az arányra az izom típusa sem volt hatással.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az eltérő tömegtakarmány és abrak arány, valamint a lenmagdara kiegészítés a hizlalási teljesítményt lényegesen nem befolyásolta. A szűkebb tömegtakarmány és abrak arányú kontrollcsoport érte el a legnagyobb napi súlygyarapodást.

A tágabb tömegtakarmány és abrak arányú lenmagdaras csoportok csontozási eredményeit kedvezőbb vágási kihozatal és a színhús százalék, a nagyobb faggyútartalom és szignifikánsan alacsonyabb csontarány jellemezte.

Az egyes izmok szárazanyag és intramuszkuláris zsírtartalmának változására a takarmányozás nem, míg az izom típusa szignifikáns hatással volt. Az izmok intramuszkuláris zsírjának zsírsav-összetétele, ezen belül az *n*-3 zsírsavak aránya, növelhető tágabb tömegtakarmány és abrak arány, illetve lenmagdaras abrak-kiegészítés esetében. Kukoricaszilázsra alapozott hizlalás esetén is lenmagdaras abrak-kiegészítéssel a humán táplálkozási irányelveknek megfelelő, kedvezőbb *n*-6 és *n*-3 zsírsav arányú marhahús állítható elő.

Lenmagdaras kiegészítés esetén a hizlalás gazdaságossági szempontjait figyelembe véve a tágabb tömegtakarmány és abrak arányú hizlalási módszer javasolt.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munkát az NKFP és az OTKA támogatta.

IRODALOM

- Aharoni, Y., Orlov, A., Brosh, A. (2004): Effects of high-forage content and oilseed supplementation of fattening diets on conjugated linoleic acid (CLA) and trans fatty acids profile of beef lipid fractions . *Animal Feed Science and Technology*, 117. 43-60.
- Andrae, J.G., Duckett, S.K., Hunt, C.W., Pritchard, G.T., Owens, F.N. (2001): Effect of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. *J. Anim. Sci.*, 79. 582-588.
- Bartle, S.J., Preston, R.L., Miller, M.F. (1994): Dietary energy source and density: Effects of roughage source, roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 72. 1943-1953.
- Bartoň, L., Marounek, M., Kudrna, V., Bureš, D., Zahrádková, R. (2007): Growth performance and fatty acid profiles of intramuscular and subcutaneous fat from Limousin and Charolais heifers fed extruded linseed. *Meat Sci.*, 76. 3. 517-523.
- Connor, W.E. (2000): Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 71. 171S-175S.
- Csapó, J., Stefler, J., Martin, T.G., Makray, S., Csapó-Kiss, Zs. (1995): Composition of mare's colostrum and milk. I. Fat content and fatty acid composition. *Inter. Dairy Journal*, 5. 393-402.
- Dannenberger, D., Nuernberg, K., Nuernberg, G., Ender, K. (2006): Carcass- and meat quality of pasture vs concentrate fed German Simmental and German Holstein bulls. *Arch Tierzucht*, 49. 45. 315-328.
- Daun, J.K., Przybylski, R. (2000): Environmental effects on the composition of four Canadian flax cultivars. *Proc. 58th Flax Inst., Fargo, ND. Flax Inst., Dep. Plant Sci., Fargo, ND.* 80-91.

- Drouillard, J.S., Seyfert, M.A., Good, E.J., Loe, E.R., Depenbusch, B., Daubert, R. (2004): Flaxseed for finishing beef cattle: Effects on animal performance, carcass quality, and meat composition. Proc. 60th Flax Inst., Fargo, ND. Flax Inst., Dep. Plant Sci., Fargo, ND. 108-117.
- Holló, G., Nuernberg, K., Repa, I., Holló, I., Seregi, J., Pohn, G., Ender, K. (2005): Der Einfluss der Fütterung auf die Zusammensetzung des intramuskulären Fettes des Musculus longissimus und verschiedener Fettdepots von Jungbullen der Rassen Ungarisches Grauvieh und Holstein Friesian 1. Mitteilung: Fettsäurezusammensetzung, Archiv für Tierzucht, 48. 6. 537-546.
- Holló, G., Csapó, J., Szücs, E., Tózsér, J., Repa, I., Holló, I. (2001): Influence of breed, slaughter weight and gender on chemical composition of beef. Part 2. Fatty acid composition of fat in rib samples. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 14. 11. 1719-1723.
- Hristov, A.N., Kennington, L.R., Mcguire, M.A., Hunt, C.W. (2005): Effect of diets containing linoleic acid- or oleic acid-rich oils on ruminal fermentation and nutrient digestibility, and performance and fatty acid composition of adipose and muscle tissues of finishing cattle. J. Anim Sci., 83. 1312-1321.
- Kim, S.C., Adesogan, A.T., Badinga, L., Staples, C.R. (2007): Effects of dietary n-6/ n-3 fatty acid ratio on feed intake, digestibility, and fatty acid profiles of the ruminal contents, liver, and muscle of growing lambs. J. Anim. Sci., 85. 3. 706-716.
- Kronberg, S.L., Barceló-Coblijn, G., Shin, J., Lee, K., Murphy, E.J. (2006): Bovine muscle n-3 fatty acid content is increased with flaxseed feeding. Lipids, 41. 11. 1068.
- Kucuk, O., Hess, B.W., Ludden, P.A., Rule D.C. (2001): Effect of forage:concentrate ratio on ruminal digestion and duodenal flow of fatty acids in ewes. J. Anim Sci., 79. 2233-2240.
- Lee, K.W., Lip, G.Y.H. (2003): The role of omega-3 fatty acids in the secondary prevention of cardiovascular disease. Q. J. Med., 96. 465-480.
- Lee, M.R.F., Tweed, J.K.S., Dewhurst, J., Scollan, N.D. (2006): Effect of forage to concentrate ratio on ruminal metabolism and duodenal flow of fatty acids in beef steers. Animal Science, 82. 31-40.
- Lovett, D., Lovell, S., Stack, L., Callan, J., Finlay, M., Conolly J., O'mara F.P. (2003): Effect of forage/concentrate ratio and dietary coconut oil level on methane output and performance of finishing beef heifers. Livest. Prod. Sci., 84. 2. 1. 135-146.
- Ludden, P.A., Kucuk, O., Rule, D.C., Hess, B.W. (2009): Growth and carcass fatty acid composition of beef steers fed soybean oil for increasing duration before slaughter, Meat Sci., 82. 2.185-192.
- Mach, N., Devant, M., Díaz, I., Font-Furnols, M., Oliver, M.A., García, J.A., Bach, A. (2006): Increasing the amount of n-3 fatty acid in meat from young Holstein bulls through nutrition. J Anim Sci., 84. 3039-3048.
- Maddock, T.D., Bauer, M.L., Koch, K.B., Anderson, V.L., Maddock, R.J., Barceló-Coblijn, G., Murphy, E.J., Lardy, G.P. (2006): Effect of processing flax in beef feedlot diets on performance, carcass characteristics, and trained sensory panel ratings. J. Anim Sci., 84. 1544-1551.
- Mahecha, L. Nuernberg, K. Nuernberg, G., Ender, K., Hagemann, E., Dannenberger, D. (2009): Effects of diet and storage on fatty acid profile, micronutrients and quality of muscle from German Simmental bulls. Meat Sci., 82. 3. 365-371.
- Marino, R., Albenzio, M., Braghieri, A., Muscio, A., Sevi, A. (2006): Organic farming: effects of forage to concentrate ratio and ageing time on meat quality of Podolian young bulls. Livest. Sci., 102. 1-2. 42-50.

- MSZ ISO 1444:2000 (2000): Szabad zsírtartalom meghatározása.
- MSZ6935-77(1977): Magyar Szabvány – Szarvasmarha hújának hússzéki darabolása, Budapest.
- Noci, F., French, P., Monahan, F.J., Moloney, A.P. (2007). The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates. *J. Anim. Sci.*, 85. 1062-1073.
- Nürnberg, K., Dannenberger, D., Nürnberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N.D., Wood, J.D., Nuter, G.R., Richardson, R.I. (2005): Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livest. Prod. Sci.*, 94. 137-147.
- Nürnberg, K., Wegner, J., Ender, K. (1998): Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livest. Prod. Sci.*, 56. 145-156.
- O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J., Kerry, J.P. (2002): Grass silage versus maize silage effects on retail packaged beef quality. *J. Anim. Sci.*, 80. 1556-1563.
- Petrič, N., Levart, A., Čepon, M., Žgur, S. (2005): Effect of production system on fatty acid composition of meat from Simmental bulls. *Ital. J. Anim. Sci.*, 4. 125-127.
- Polgár J.P. Hornyák Z., Lengyel Z., Füller I. (2005): Magyartarka bikák rostélyos keresztmetszet nagyságának összefüggése hizlalási és vágási paraméterekkel. XLVII. Georgikon Napok és 15. ÖGA Annual Meeting. Keszthely, szeptember 29-30. 110.
- Polgár J.P. (2007): Magyartarka növendékbikák hizlalási és vágási teljesítménye. *Magyar tarka*. 7. 3. 16-18.
- Polgár, J.P., Füller, I., Húth, B., Lengyel, Z., Stefler, J. (2004): Examination of fattening and slaughter results of Hungarian Simmental bulls. Book of abstracts of the 55th Annual Meeting of the European Association for Animal production. Bled, Slovenia, 5-9 September, 204.
- Purchas, R.W., Zou, M., (2008): Composition and quality differences between the longissimus and infraspinatus muscles for several groups of pasture-finished cattle. *Meat Sci.*, 80. 470-479.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D. (2004): Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113. 119-221.
- Razminowicz, R.H., Kreuzer, M., Leuenberger, H., Scheeder, M.R.L. (2008): Efficiency of extruded linseed for the finishing of grass-fed steers to counteract a decline of omega-3 fatty acids in the beef. *Livest. Sci.* 114. 150-163.
- Reichardt, W., Warzecha, H., Hanschmann, G., Bargholz, J. (1997): Some analytic characteristics of meat quality in fattening bull, steers and heifers of various breeds and their crossbreeds. *Zuchtungskunde*, 69, 366-384.
- Sarriés, M.V., Murray, B.E., Moloney, A.P., Troy, D., Beriain M.J. (2009): The effect of cooking on the fatty acid composition of longissimus muscle from beef heifers fed rations designed to increase the concentration of conjugated linoleic acid in tissue. *Meat Sci.*, 81. 2. 307-312.
- Scollan, N., Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson I., Moloney A. (2006): Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality *Meat Sci.*, 74. 1. 17-33.

- Simopoulos, A.P. (1999): Essential FA in health and chronic diseases. *Am. J. Clin. Nutr.*, 70. 560S–569S.
- Somogyi T. (2008): Különböző szarvasmarha fajták hizékonyságának és vágóértékének összehasonlítása. TDK dolgozat, Kaposvár, 55.
- Šubrt, J., Filipčík, R., Župka, Z., Fialová, M., Dračková, E. (2006): The content of polyunsaturated fatty acids in intramuscular fat of beef cattle in different breeds and crossbreeds. *Arch. Tierz.*, 49. 340-350.
- Szabó F., Fekete Zs., Fördös A., Zsuppán Zs., Kanyar R., Török M., Polgár J.P., Bene Sz. (2008): Azonos körülmények között hizlalt, különböző genotípusú növendék bikák hizlalási és vágási eredménye. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 57. 6. 523-535.
- Webb, E.C., O'Neill H.A. (2008): The animal fat paradox and meat quality. *Meat Sci.*, 80. 1. 28-36.
- Wijendran, V., Hayes. K.C. (2004): Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annu. Rev. Nutr.*, 24. 597-615.
- Williamson, C.S., Foster, R.K., Stanner, S.A., Buttriss, J.L. (2005): Red meat intake and diet. *Nutr. Bull.*, 30. 323-335.
- Zapletal, D., Chládek, G., Šubrt, J. (2009): Breed variation in the chemical and fatty acid compositions of the Longissimus dorsi muscle in Czech Fleckvieh and Montbeliarde cattle. *Livest. Sci.*, 123. 28-33.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Holló Gabriella

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
7401 Kaposvár, Pf. 16.

*University of Kaposvár, Faculty of Animal Science
H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.*

Tel.: 36-82-502-000, Fax: 36-82-502-020

e-mail: hollo.gabriella@sic.hu